

# Atlas Clarin X

EDICIONES Aguillar



### Re-Digitalización final: The Doctor



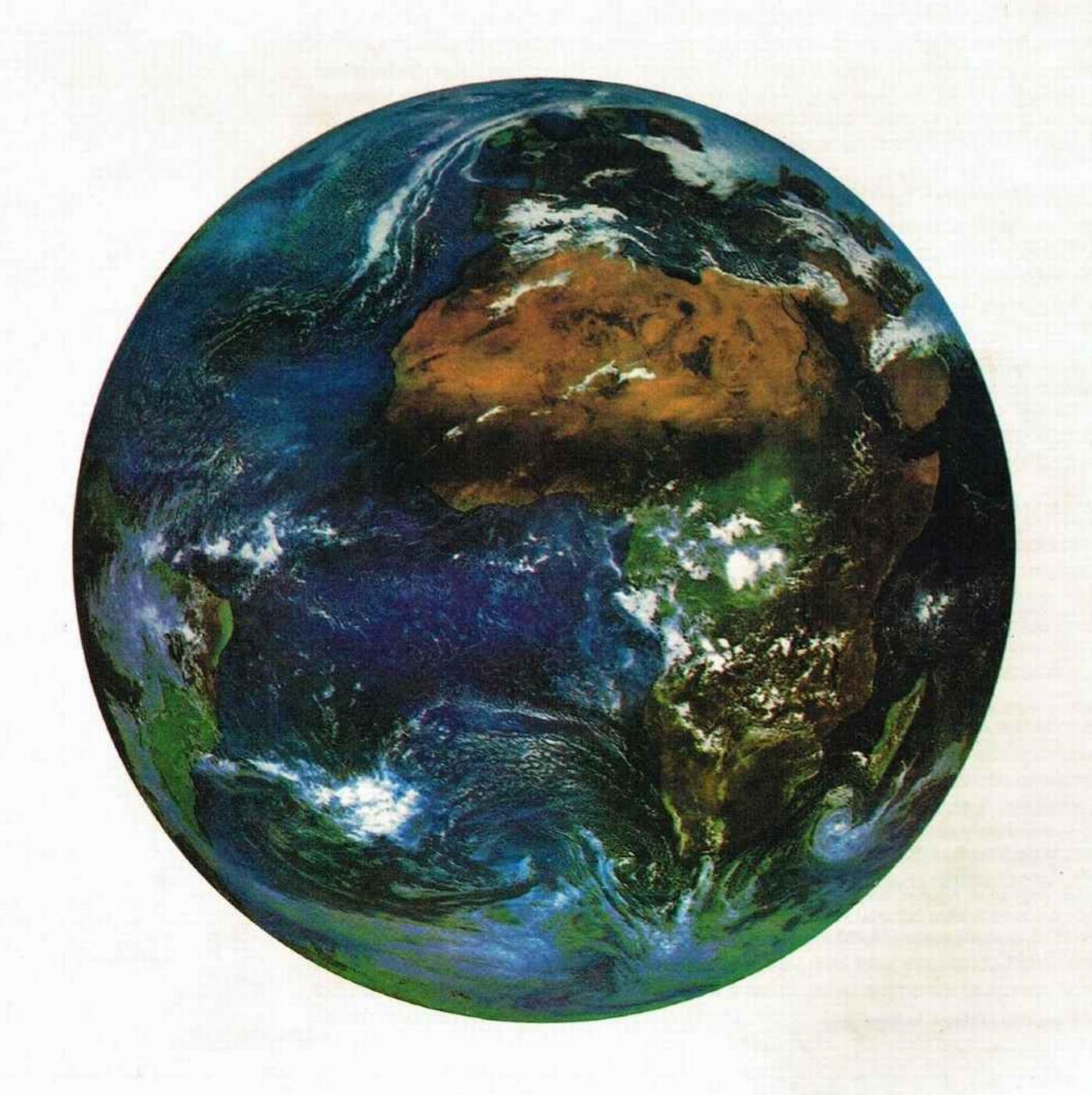
The Doctor

Libros, Revistas, Intereses: http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

El Siglo XX: http://el1900.blogspot.com.ar/

# Atlas Clarin X

EDICIONES Aguilar



### **ENCICLOPEDIA DE LA TIERRA**

Coproducción entre Esselte Map Service y Lidman Production AB.

Proyecto: Lidman Production AB.

Dirección: Sven Lidman. Texto: Lars Bergquist.

Director de Arte: Sten Pettersson.

Traductor: Ramón Palencia.

Asesores: Bertil Hedenstierna y Ralph Mårtenson.

Ilustradores: Bob Chapman, David Cook, John Flynn, Tony Gibbon, Rob Hillier, John Potter, Les Smith, David

West y Maurice Wilson.

Documentalista: Per Axel Nordfeldt.

Fotógrafos: AAA photo, Air France, Ragnar Andersson/TIOFOTO, AP/Pressens bild, Bildarkiver/Ellbergs bilder, Camera Press/IBL, Bo Dahlin/Bildhuset, J. Arthur Dixon, DPA/Pressens bild, ESA, Börje Försäter/ Hallandsbild, J. Gaumy/Magnum, Claes Grundsten/Naturfotograferna, Gunnar Gustafson, Mats Halling, Bengt Hedberg/Naturbild, IBL, Páll Imsland, Kjell Johansson/Bildhuset, Sture Karlsson/TIOFOTO, Kungliga biblioteket, Frank W. Lane, Örnulf Lautitzen, J. Berry/Magnum, Mount Wilson and Las Campanas observatories, Norman Myers/TIOFOTO, Ralph Mårtensson, NASA, Pål-Nils Nilsson/TIOFOTO, Lars Olsson/ Pressens bild, G. Rodger/Magnum, Ann Ronan, SAS, Per-Olle Stackman/TIOFOTO, UPI/Pressens bild, ZEFA y Östasiatiska museet.

### **EL MUNDO EN MAPAS**

Diseñado, editado, dibujado y reproducido por cartógrafos, geógrafos, artistas y técnicos de ESSELTE MAP SERVICE.

La presente publicación se ajusta a la cartografía oficial establecida por el Poder Ejecutivo Nacional a través del IGM, ley 22.963, y fue aprobada por Expte. GGI 3200/5 de fecha 20 de noviembre de 1991.

## PRÓLOGO

Cuando en setiembre de 1990 la prestigiosa National Geographic Society, con sede en Washington DC, tenía ya impresos 5.000 ejemplares de su célebre Atlas del Mundo, una llamada telefónica hizo detener las máquinas y dejó subrayado un fenómeno casi cotidiano de estos tiempos que corren. Del otro extremo de la línea el embajador de Alemania notificaba que la capital única de la nación reunificada iba a ser Berlín, y no Bonn. La National había apostado por incluir en sus mapas las dos capitales.

La anécdota revela algo más que los acelerados cambios que conmueven al mundo en la última década de este fin de siglo. Ocurre que el "chisporroteo mágico" que genera la revolución científico-tecnológica modifica a cada instante los ángulos de visión del mundo. En la Alta Edad Media, por ejemplo, cuando los monjes negaban la redondez de la Tierra, nuestro planeta figuraba en los mapas como un plato rebosante de dragones y árboles frutales; Jerusalem era el centro de las naciones y el paraíso se hallaba en algún lugar del Lejano Oriente. Tiempo después, nuevos instrumentos de precisión mejoraron las cartas geográficas que habían sido elaboradas prácticamente a pie. Largos años debieron pasar antes que los mapas fueran considerados como el fiel reflejo informativo del mundo en que vivimos: hasta bien entrado el siglo XIX, el mapa con información científica no era conocido. Los vuelos espaciales, las sondas y los satélites aportaron una nueva forma de mirar la Tierra: se la vio más bella y desolada, casi perdida en el Universo.

Con todo, la cultura de la imagen no ha alcanzado todavía al mapa. La cartografía se ha evadido de la fascinación de la pantalla. Algo ha fallado, hasta ahora, para que las nuevas generaciones no vean otros mapas que los mismos de siempre. Y todo esto mientras el atlas político de Europa da un brinco hacia el siglo pasado y el de Africa se viste, a lo largo de tres décadas, con nuevos estados.

El Atlas CLARIN rompe con la tradición e inicia una cartografía actual e innovadora, una herramienta cultural irremplazable que será puesta semana a semana en manos de millones de lectores. Representada como un conjunto de medios geográficos vinculados entre sí y obtenidos mediante tratamiento digital informatizado de las imágenes de la superficie terrestre, esta serie de mapas, sumada a la Enciclopedia de la Tierra – El Aire, El Agua, El Fuego, La Tierra-ofrece una visión profunda y excepcional de nuestro planeta y de los problemas que le aquejan.

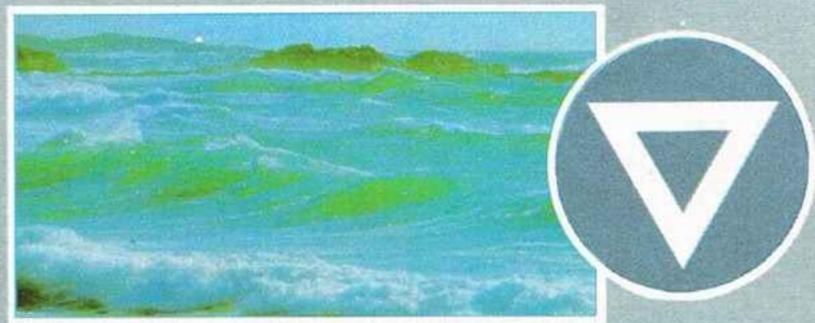
Hasta el presente, el conocimiento del globo terráqueo se ha basado en la geografía tradicional. Hoy, esta ciencia se ha transformado en multidisciplinaria y busca dar respuesta a las delicadas relaciones que rigen los climas, el medio ambiente y el medio geográfico en los que se desenvuelve la vida, así como el impacto que el hombre produce sobre ellos. Esta nueva geografía exige nuevos enfoques y métodos de análisis e información, incluida la cartografía de las ideas, esto es la ubicación espacial del pensamiento y las estructuras especulativas, como se hace actualmente con los postulados de Descartes o los principios arquitectónicos del templo de Salomón.

El Atlas CLARIN procura dar respuesta a las urgencias de la época, en el convencimiento que al ciudadano medio se le han escapado los referentes geográficos que siempre manejó y un cúmulo impresionante de información cotidiana queda flotando en busca de un asidero lógico. ¿Acaso puede hoy el docente o el alumno ubicar sin titubeos Turkmenia, Azerbaiján, Kirguizia o alguna de las repúblicas que por más de 70 años integraron la ex Unión Soviética? ¿Cuáles son los límites precisos de Croacia o Serbia, que participaban de la federación Yugoslava? ¿Puede establecer el área de influencia del agujero de ozono o la incidencia climática que provocan los desplazamientos de grandes témpanos en el Atlántico Sur?

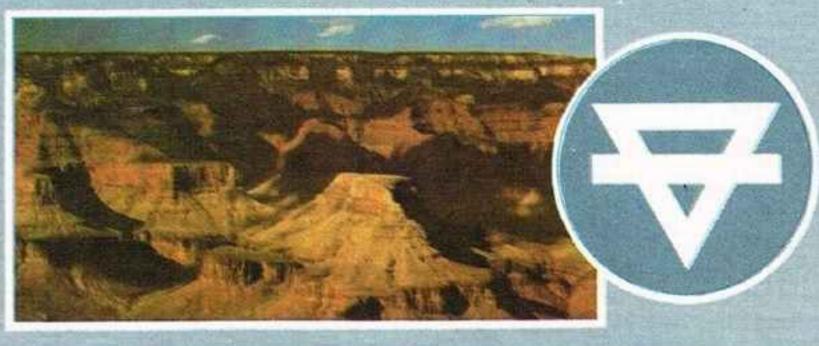
El desafío de la época no es pequeño. Pero acaso, un conocimiento actualizado de la relación del hombre con los elementos naturales aporte una mayor lucidez y capacidad para mantener el delicado equilibrio de nuestro medio vital y su objetivo supremo: la supervivencia de la humanidad y de las otras especies de la Tierra.

## ENCICLOPEDIA DE LA TIERRA





	10		
El aire	2-3	El agua	26-27
El aire, escudo de la Tierra  La atmósfera y sus diferentes capas. Propiedades químicas y físicas. Protección contra las peligrosas	4-5	El agua, fuente de vida Elemento indispensable para los seres vivos. Propiedades físicas y químicas.	28-29
Una cuestión de vida o muerte El aire que respiramos; los ciclos del oxígeno y del carbono. Interacción de la atmósfera con los animales y las plantas verdes.	6-7	El ciclo del agua: del mar a la atmósfera, de la atmósfera a la tierra y de la tierra nuevamente al mar. Agua salada y agua dulce. Regadíos.	30-31
La circulación del aire La circulación general atmosférica. Equilibrio térmico de la Tierra. Vientos locales y regionales. La energía eólica.	8-9	El reino de los hielos  Los períodos glaciales. Los casquetes polares.  Glaciares y paisajes helados. El invierno, un período glacial anual.	32-33
Entre las nubes La circulación vertical de la atmósfera. Frentes, nubes y precipitaciones. Truenos y relámpagos.	10-11	Los océanos Los mares, su geografía física y sus características. Los océanos y los mares periféricos. La salinidad del agua del mar.	34-35
Estaciones y climas Diferencias climáticas y variaciones estacionales. Los climas del mundo.	12-13	El poder del mar La energía del mar. Olas, corrientes y mareas. Repercusiones en el litoral. Aprovechamiento de la energía del mar.	36-37
Señales en el cielo  La predicción meteorológica precientífica. Globos y satélites meteorológicos. Predicción por ordenador.	14-15	La vida en el agua  La distribución de la vida en el mar. La adaptación a la vida en el agua. Cadenas alimentarias.	38-39
La vida en el aire  La adaptación a la vida en el aire: de los saurios  voladores del Mesozoico a las aves, murciélagos e insectos de nuestros días.	16-17	La mar nutricia La pesca en el mar y en agua dulce. La pesca abusiva y el control internacional de las zonas pesqueras.	40-41
El hombre remonta el vuelo Volar, un viejo sueño del hombre: del Ícaro y Leonardo da Vinci a los hermanos Wright y al Concorde.	18-19	La conquista de los mares  Etapas de los descubrimientos. La navegación. La exploración de las profundidades marinas.	42-43
Las rutas aéreas Los modestos comienzos de la aviación comercial y su expansión. Pasillos aéreos, control de tráfico, aeropuertos.	20-21	Las rutas marítimas  La construcción naval y el arte de navegar. El transporte marítimo: diferentes tipos de buques de carga.	44-45
A la conquista del espacio Primeras ideas sobre el espacio y los viajes espaciales. De las primitivas observaciones astronómicas a los radiotelescopios y a los vuelos espaciales.	22-23	El hombre y la hidrosfera  La contaminación de los océanos y el mal aprovechamiento de los recursos hidráulicos. La explotación de los fondos marinos. Zonas económicas marítimas.	46-47
El hombre y la atmósfera La contaminación global del aire. La lluvia ácida en los bosques europeos. La emisión de residuos de los combustibles fósiles.	24-25	manumas.	



La Tierra	48-49
La corteza terrestre Alfred Wegener y la teoría de la tectónica de placas. Tipos de rocas y su origen. Movimientos verticales de la corteza terrestre.	50-51
La dinámica terrestre  La tectónica de placas: la corteza terrestre en continuo movimiento. La formación de las dorsales centro- oceánicas, de las cordilleras y de los archipiélagos. Los sismos.	52-53
La meteorización Tipos de meteorización. La meteorización en los climas fríos, cálidos y húmedos y en las regiones calcáreas.	54-55
La erosión Procesos de erosión. La degradación de las vertientes y el transporte de materiales. La denudación y el modelado del paisaje.	56-57
La vida en la tierra La conquista de la tierra firme por las plantas y por los animales y su adaptación a la vida sobre el suelo. La evolución de las especies en nuevos nichos ecológicos.	58-59
Los bosques tropicales La selva tropical lluviosa y los bosques monzónicos de caducifolias; su flora y fauna; su relación con el clima.	60-61
Los herbazales  La sabana, la pradera y la estepa y su ciclo vegetativo anual. Control climático de la vegetación y vida animal Impacto de la intervención del hombre.	62-63
Los desiertos Clasificación de los desiertos. La vida en los desiertos y la adaptación de animales y plantas al calor y a la falta de agua. La extensión de los desiertos en el mundo.	64-65
Los bosques templados Bosques de caducifolias, de coníferas y mixtos. Flora y fauna, silvicultura y actividades forestales.	66-67
La tundra El medio y sus características. La alteración del suelo al helarse. Flora y fauna.	68-69
La montaña La formación de las montañas. Su marco físico en las diferentes partes del mundo. La vida animal, la vegetación y el uso del suelo.	70-71
Vivir de la tierra	72-73

El hombre obtiene su sustento del suelo. Tipos de agricultura. Evolución histórica de la agricultura y distribución de los sistemas agrícolas.

La urbanización	74-75
Desarrollo histórico de las áreas urbanizadas: de la pequeña aldea agrícola a las ciudades medievales y a	
las modernas conurbaciones.	
Los tesoros del subsuelo	76-77
Los recursos minerales de la corteza de la Tierra.	
Minería y metalurgia.	
La tierra esquilmada	78-79
La destrucción por el hombre de su propio medio. La	
lucha por la supervivencia.	
El hombre y la corteza terrestre	80-81
El hombre, como fuerza geológica, transforma la superficie del planeta.	



El fuego

82-83

	El fuego primigenio La creación del Cosmos: la "Gran Explosión" o "Big Bang". El nacimiento de las galaxias y de las estrellas.	84-85
STATE OF THE PERSON NAMED IN COLUMN 2 IN C	El sistema solar  El sol como estrella. El origen de la energía solar.  El sistema planetario y la exploración del espacio próximo.	86-87
	Las montañas de fuego Los volcanes, puerta abierta a las entrañas de la Tierra. Vulcanismo antiguo y reciente. Los "puntos calientes". El vulcanismo en otros planetas.	88-89
	La energía del subsuelo  Los recursos del subsuelo: carbón, petróleo y energía geotérmica. Formación y extracción del capital energético.	90-91
	El fuego al servicio del hombre El uso del fuego desde el Homo Erectus a la Era Industrial. La energía del vapor.	92-93
	El aprovechamiento de la energía El hombre utiliza sus crecientes conocimientos para mejorar la vida diaria. La escalera energética.	94-95

# ELMUNDO EN MAPAS



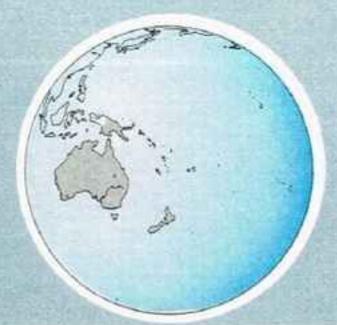
### **EUROPA**

Región Mediterránea	98-99
Europa Medio geográfico, división política, población	100-101
Europa Producción agraria, energética y mineral, climas, suelos	102-103
Islas Británicas y Europa Central Bélgica, Checoslovaquia, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia, República Federal de Alemania	104-105
Norte de Europa Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia	106-107
Sureste de Europa	108-109
Los Balcanes Bulgaria, Chipre, Grecia, Hungría, Rumania, Turquía	110-111
Próximo Oriente	112-113
Noreste de Europa	114-115



### ASIA

Asia Septentrional	116-117
Medio geográfico	
Asia Meridional Medio geográfico	118-119
Asia Producción agraria, energética y mineral, climas, suelos	120-121
Asia Relieve, precipitaciones, temperaturas, población, división política	122-123
Asia Suroccidental Afganistán, Irán, Pakistán	124-125
Asia Central Mongolia, Siberia Oriental	126-127
China y Japón Corea del Norte, Corea del Sur, Mongolia, Taiwan	128-129
India y Sureste de Asia Bangladesh, Bhutan, Birmania, Kampuchea, Laos, Nepal, Sri Lanka, Thailandia, Vietnam	130-131
Indonesia y Filipinas Brunei, Malaysia	132-133



### OCEANÍA

Oceanía Medio geográfico, división política, población	134-135
Oceanía Producción agraria, energética y mineral, climas, suelos	136-137
Australia	138-139
Nueva Guinea y Nueva Zelanda	140-141
Islas del Pacífico	142-143



### ÁFRICA

suelos

África 144-145

Medio geográfico, división
política, población

África 146-147

Producción agraria,

energética y mineral, climas,

Noroeste de África 148-149 Argelia, Libia, Marruecos, Mauritania, Níger, Tunicia

Valle del Nilo y Arabia 150-151
Arabia Saudí, Bahrein,
Egipto, Iraq, Israel, Jordania,
Kuwait, Líbano, Omán,
Qatar, República
Democrática Popular del
Yemen, Siria, Sudán, Unión
de Emiratos Árabes, Yemen

Africa Occidental

Benin, Burkina Faso,
Camerún, Chad, Congo,
Costa de Marfil, Gabón,
Gambia, Ghana, Guinea,
Guinea-Bissau, Guinea
Ecuatorial, Liberia, Mali,
Niger, Nigeria, Santo Tomé y
Príncipe, Senegal, Sierra
Leona, Togo

África Oriental 154-155
Etiopía, Kenia, República
Centroafricana, Sudán,
Tanzania, Uganda, Zaire

África Meridional 156-157
Angola, Botswana, Comores,
Lesotho, Madagascar,
Malawi, Mauricio,
Mozambique, Namibia,
República Sudafricana,
Swaziland, Zambia,
Zimbabwe



### AMÉRICA DEL NORTE

América del Norte
Medio geográfico, división
política, población

América del Norte
Producción agraria,
energética y mineral, climas,
suelos

Alaska y Canadá Occidental 162-163 Canadá Oriental 164-165

Estados Unidos 166-167

América Central y
Antillas 168-169
Antigua y Barbuda,
Bahamas, Barbados, Belice,
Costa Rica, Cuba, Dominica,
El Salvador, Grenade,
Guatemala, Haití, Honduras,
Jamaica, México, Nicaragua,
Panamá, República
Dominicana, Saint
Kitts-Nevis, Santa Lucía,



Producción agraria,

suelos

energética y mineral, climas,

San Vicente

### AMÉRICA DEL SUR

América del Sur
Medio geográfico, división
política, población

América del Sur

170-171

170-171

171

172-173

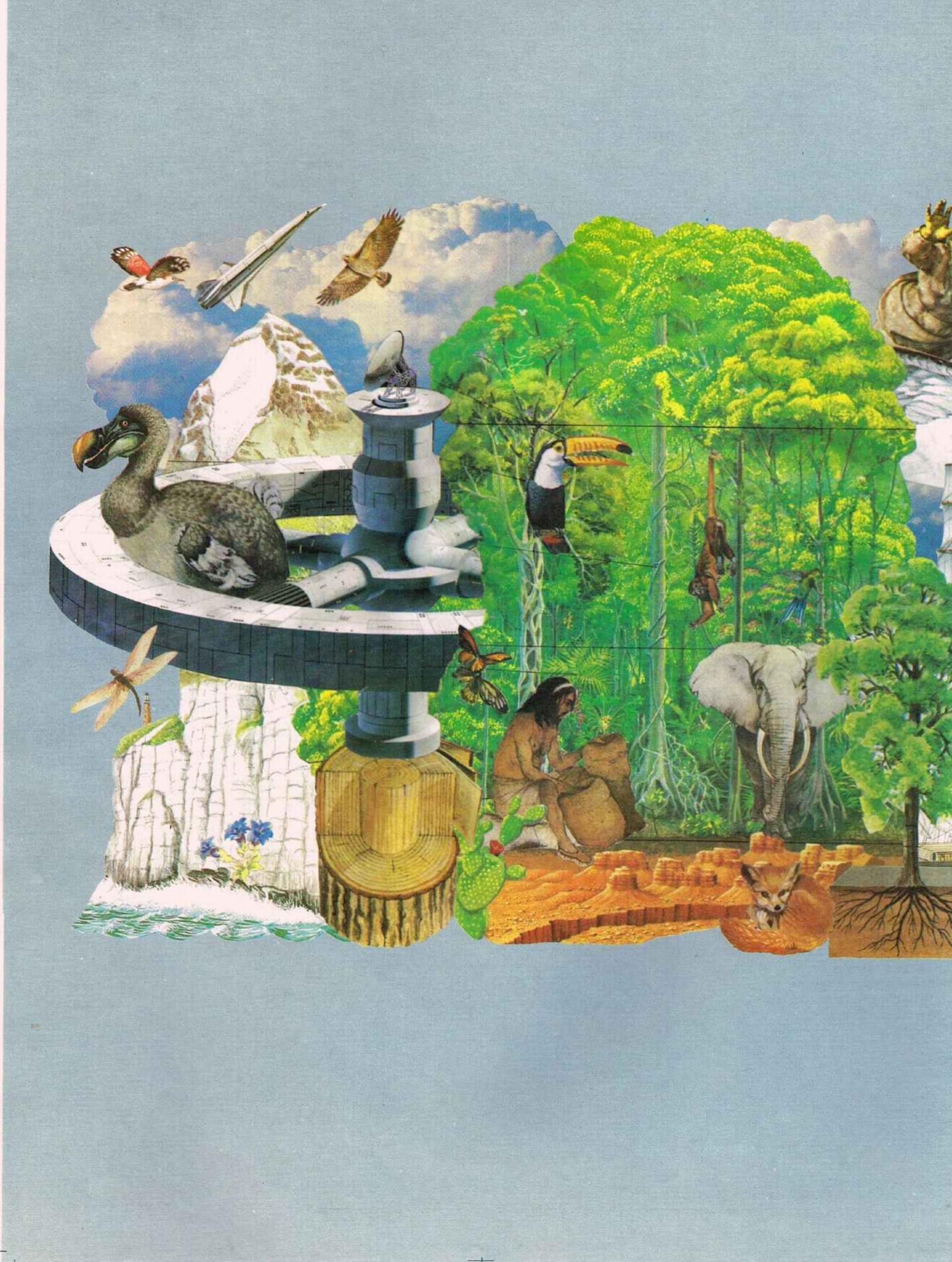
América del Sur, 174-175 región septentrional Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam, Trinidad y Tobago, Venezuela América del Sur, 176-177 región central Bolivia, Brasil, Chile, Perú América del Sur, 178-179 Cono Sur Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay 180-181 Argentina División política, principales ciudades

### ÁRTICO Y ANTÁRTIDA

Ártico 182 Antártida 183

### **EL MUNDO**

El Mundo Medio geográfico	184-185
El Mundo División política	186-187
El Mundo Población	188-189
El Mundo Climas	190-191
El Mundo Geología	192-193
Océanos y fondos marinos	194-195
El Mundo Energía	196-197
El Mundo Economía	198-199
Lenguas, religiones, husos horarios	200
Glosario, Indice	201



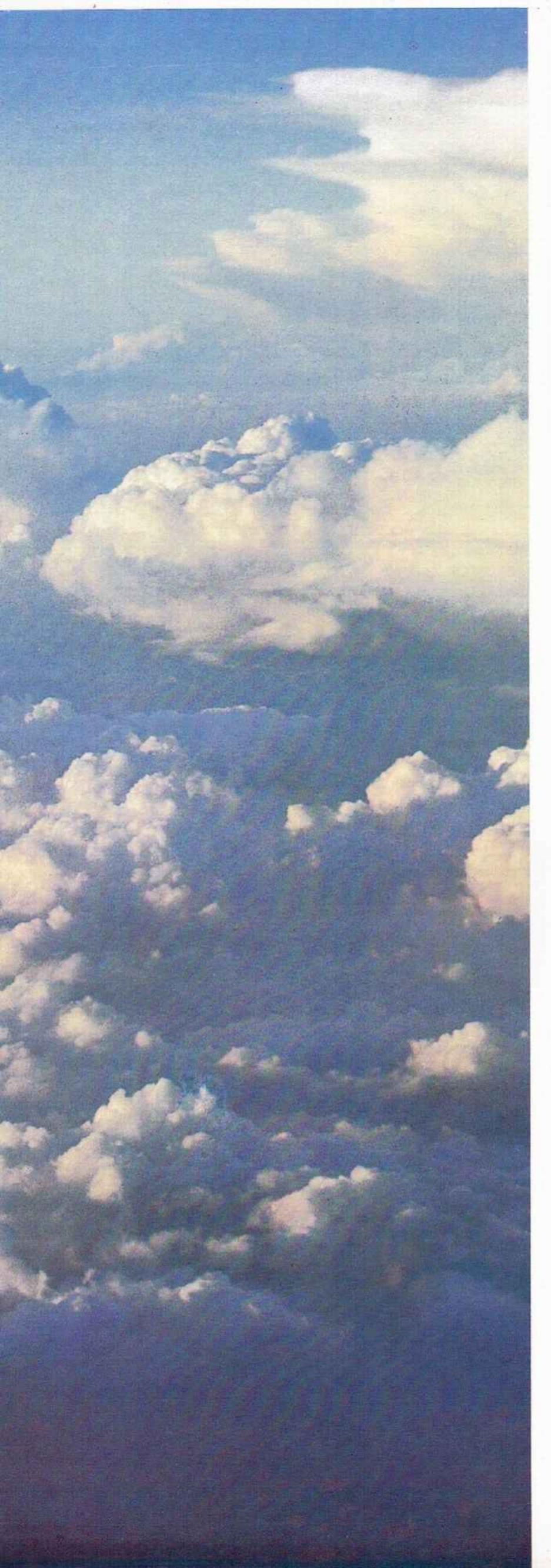


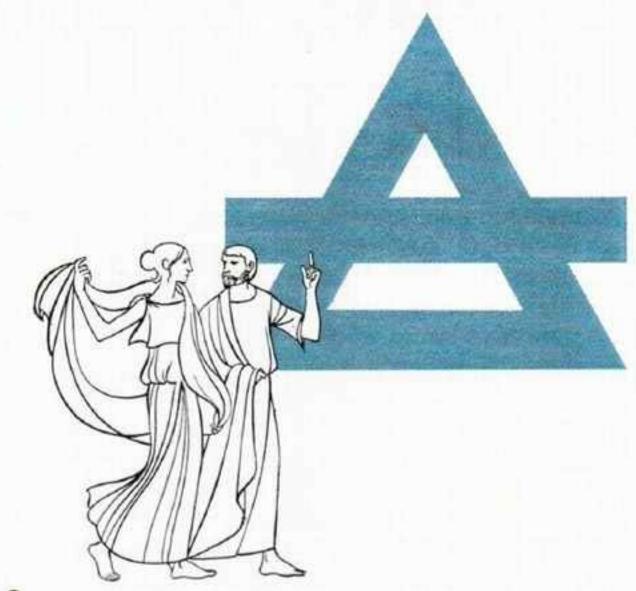
# Enciclopedia de la Tierra

Las investigaciones emprendidas durante las pasadas décadas han dado como resultado unos espectaculares avances en el conocimiento científico. En los campos de la biología y de las ciencias de la tierra, los descubrimientos han conducido a la creciente comprensión de las interrelaciones entre áreas de conocimiento anteriormente consideradas como disciplinas totalmente separadas. Desde la mineralogía a la microbiología y desde la botánica a la batimetría, las piezas van encajándose como en un inmenso puzzle, en el que persisten los huecos, pero éstos son cada vez menores.

A medida que aumentan los conocimientos, resulta cada vez más difícil presentar un breve compendio científico de la tierra como un todo, porque un tratamiento sistemático de temas agrupados en distintas categorías no es ya la opción ideal. Esta Enciclopedia de la Tierra ha retornado a la pauta de los elementos filosóficos — aire, agua, fuego y tierra — para proporcionar un marco básico dentro del cual se logra una exposición ordenada de un modo más libre. Se ha dicho que una imagen vale más que mil palabras. Con demasiada frecuencia, las ilustraciones de los libros no añaden nada a la información del texto. En las páginas que siguen, la coordinación de texto e ilustraciones logra abarcar infinitamente más de lo que hubiese sido posible con sólo palabras.







### El aire

De todos los elementos, el aire es el más inaprensible y el más espiritual. Entre los pensadores griegos del siglo vi a. de C., Anaxímenes de Mileto fue quien más estudió el tema del aire. Desarrolló el antiguo concepto de que la respiración es el espíritu de la vida, pensando que el aire es el elemento fundamental de la tierra: «Lo mismo que el alma, que es aire, mantiene unido al cuerpo, el viento y el aire envuelven el mundo entero.» El resto de los elementos, afirmaba Anaxímenes, provienen del aire densificado o enrarecido.

Sin embargo, en el siglo xvII, científicos como el francés Pascal y el italiano Torricelli descubrieron cómo medir la presión del aire, convirtiendo el elemento espiritual y fundamental del filósofo griego en una sustancia física tangible. Un siglo después, los químicos descubrieron que el aire es una mezcla de gases, e identificaron el nitrógeno y el oxígeno como sus elementos principales.

La ciencia de la meteorología se desarrolló en el siglo xix y fue sustituyendo paulatinamente los viejos métodos empíricos del campesino y del navegante por predicciones meteorológicas más seguras. Los meteorólogos de este siglo han estudiado minuciosamente las capas exteriores de la atmósfera. Este estudio forma parte de la geofísica, la ciencia dedicada a la Tierra como planeta.

La atmósfera de la Tierra, en cuyas profundidades vivimos, nos protege de las mortíferas radiaciones del espacio exterior y nos proporciona el oxígeno del que dependen nuestros procesos vitales. Equilibra los extremos, de otro modo insoportables, de calor y frío y transporta la humedad de los océanos a los continentes, mediante un sistema continuo y general de circulación.

El oxígeno es un producto de las plantas verdes, por lo que no existía en la atmósfera primigenia. Una condición necesaria para el desarrollo de la vida en la Tierra fue que no existiera oxígeno libre que oxidara y desintegrara las primeras moléculas vivas desprotegidas. Hicieron falta miles de millones de años para acumular el volumen de oxígeno actual de nuestra atmósfera.

Un aspecto de vital consideración, que depende en gran medida del hombre, es cómo será la atmósfera que rodee a nuestro mundo en el futuro. Sólo si se pone fin a la destrucción de los bosques continentales y al envenenamiento del plancton oceánico y se deja de utilizar el aire como una especie de cloaca universal, existe alguna esperanza de que los organismos superiores sobrevivan en nuestro planeta.

## El aire, escudo de la Tierra

Al nivel del mar, la presión atmosférica es de unos 1.000 milibares (mb) o, tal como se expresaba anteriormente, de 760 mm de mercurio (mm Hg). Al nivel del suelo, la atmósfera contiene, además de nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono, sustancias vitales para las plantas y los animales. Nos protege de los violentos cambios del calor al frío y del bombardeo de partículas con carga eléctrica -radiación cósmica- y de meteoritos.

La atmósfera opera también como un gigantesco sistema de transporte de energía entre las calurosas regiones tropicales y las frías regiones polares. La eficacia de la atmósfera como portadora de calor depende de la humedad. Parte del contenido de humedad se aprecia en forma de nubes, niebla o neblina. La capacidad del agua para retener calor al evaporarse y liberarlo posteriormente al condensarse equilibra el clima de la Tierra y hace habita-

bles los trópicos y las regiones polares.

Sin embargo, sólo los 80 kilómetros inferiores de la atmósfera tienen la misma composición química que el aire a ras del suelo, e incluso dentro de esta zona las condiciones varían tanto que se la suele dividir en tres estratos. El inferior es la troposfera, que se eleva hasta una altura de entre 10 y 18 kilómetros sobre la superficie. Todo el tiempo atmosférico se desarrolla prácticamente dentro de este estrato, y sólo algunas altas nubes de tormentas tropicales llegan hasta el límite inferior de la estratosfera. Aquí, los rayos ultravioletas del sol crean una capa de ozono, oxígeno triatómico, que absorbe las mortíferas radiaciones del espacio exterior. La mesosfera es un estrato de transición donde la presión del aire es una diezmilésima parte que al nivel del mar.

La región superior de la mesosfera es el umbral al espacio exterior. Debido a la intensa radiación solar, la parte superior de la atmósfera está ionizada y es conductora de electricidad. A este estrato se le denomina ionosfera. Las partículas con carga eléctrica procedentes del sol -electrones, protones y núcleos atómicos pesados- que se mueven en el interior del gas enrarecido producen las auroras boreales, un fenómeno de descarga eléctrica semejante al de un tubo fluorescente. Al estrato por encima de los 400 kilómetros de altura se le puede describir con más propiedad como espacio exterior condensado. Aquí no existe prácticamente más que hidrógeno y helio, el ligero gas existente en el espacio interestelar.

### La baja atmósfera

### Globos

llenos de helio llevaron al hombre hasta una altura de 20 km en la década de 1930.

### La presión del aire

en la baja estratosfera es una décima parte que a nivel del mar.

### Reactores

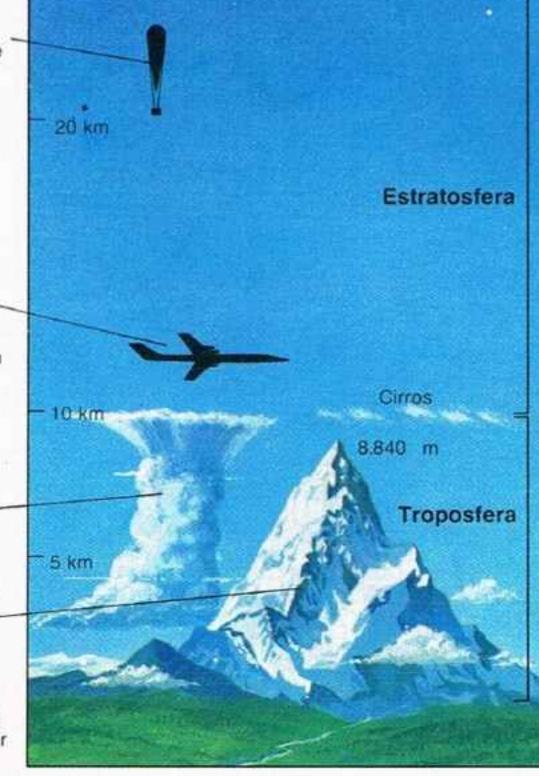
con cabinas presurizadas operan regularmente a alturas por encima de los 10 km. La ausencia de cambios meteorológicos en esta zona da mayor seguridad a estos vuelos.

#### Las nubes tropicales de tormenta

llegan hasta el limite entre la troposfera y la estratosfera: la tropopausa.

#### Las montañas más altas

alcanzan mas de 8 km sobre el nivel del mar, aunque a partir de los 4 km hay problemas para respirar debido al aire enrarecido.



#### Satélites

lanzados por el hombre giran en torno a la Tierra a alturas que van desde 300-400 km a cerca de 36.000 km en el caso de los satélites de comunicaciones geoestacionarios.

#### Las auroras

aparecen con frecuencia a alturas de hasta 1.000 km. en los puntos donde las radiaciones de particulas solares con carga eléctrica se encuentran con la atmósfera de la Tierra.

#### Los rayos X

y las radiaciones ultravioletas de onda corta procedentes del sol son absorbidos en su mayoria por la atmósfera. Sin embargo, ciertas longitudes de onda de radiaciones electromagnéticas llegan a la superficie. Nuestros ojos han evolucionado para utilizar solo esta radiación, por lo que la denominamos "luz visible".

#### La radiación cósmica

está compuesta por particulas de alta energia procedentes del sol y de otras fuentes de radiación en puntos alejados del universo. Cuando una de estas particulas se encuentra con un átomo de la atmósfera, se produce una lluvia de particulas secundarias.

### Los satélites militares

de reconocimiento suelen volar relativamente bajos para detectar objetos de pequeño tamaño sobre la superficie. La resistencia del aire a tan bajas alturasdisminuye la vida de estos satelites.

### Los cohetes sonda

se emplean para el estudio científico de las regiones altas de la atmósfera

### Los meteoritos

se sobrecalientan y se gasifican por la fricción al entrar en la atmósfera. Estas «estrellas fugaces» son producidas por particulas menores que un grano de arena. Solo los meteoritos mayores llegan al suelo.

#### Las capas cargadas de electricidad

de la ionosfera reflejan las ondas cortas de radio, que pueden rebotar varias veces alrededor de la Tierra.

200 km

100 km

Avion cohete.

1961

### Las auroras inferiores

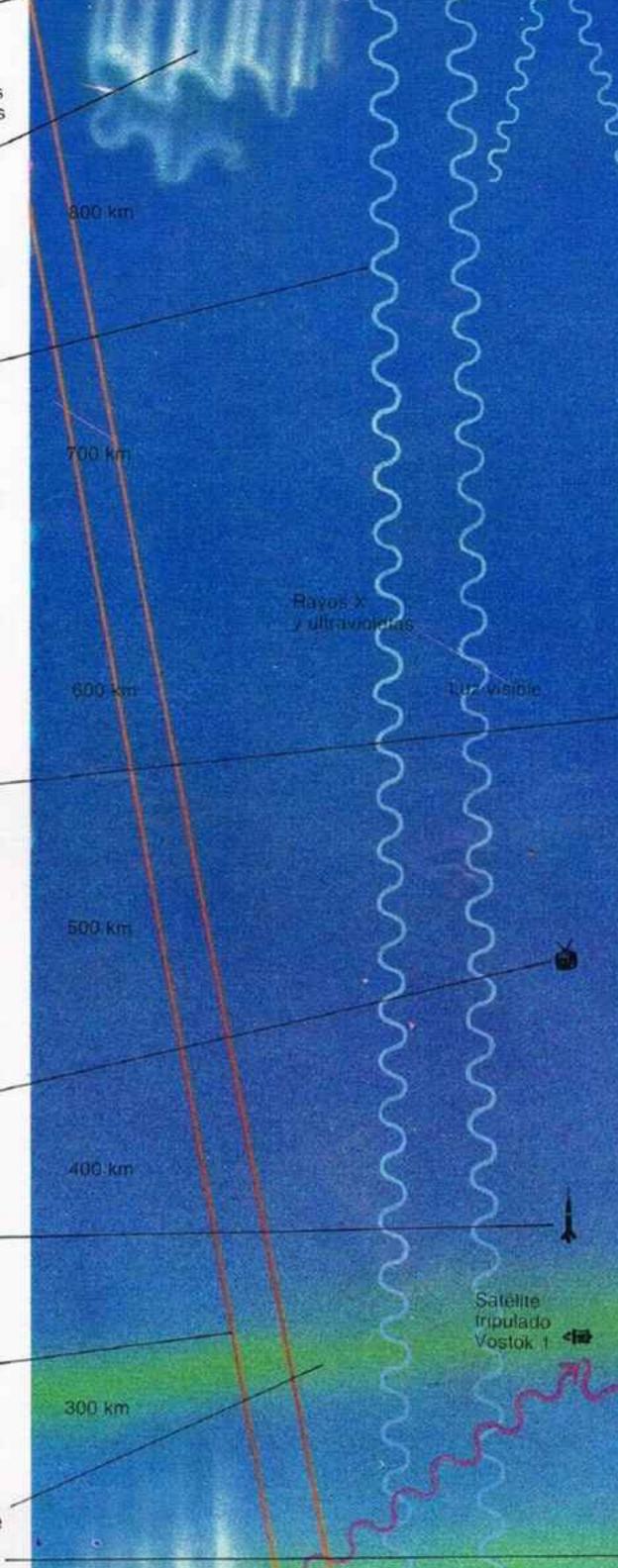
pueden aparecer a niveles tan bajos como la ionosfera.

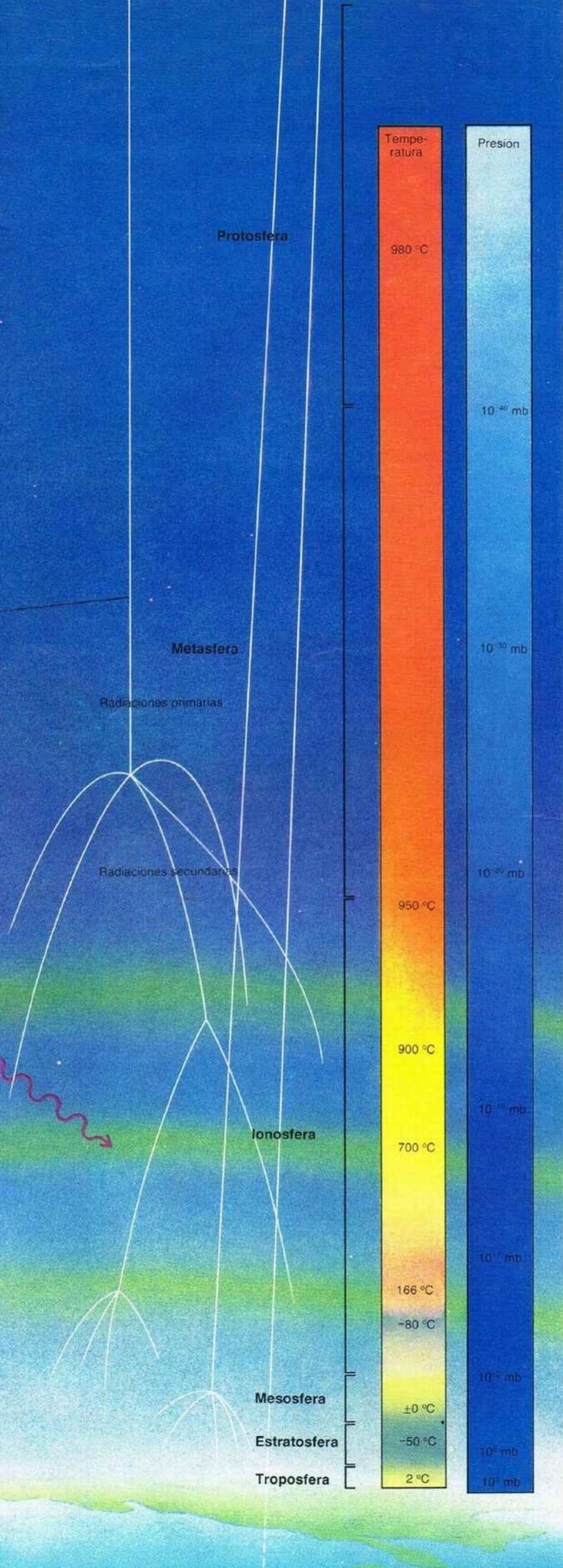
#### Las nubes noctilucentes

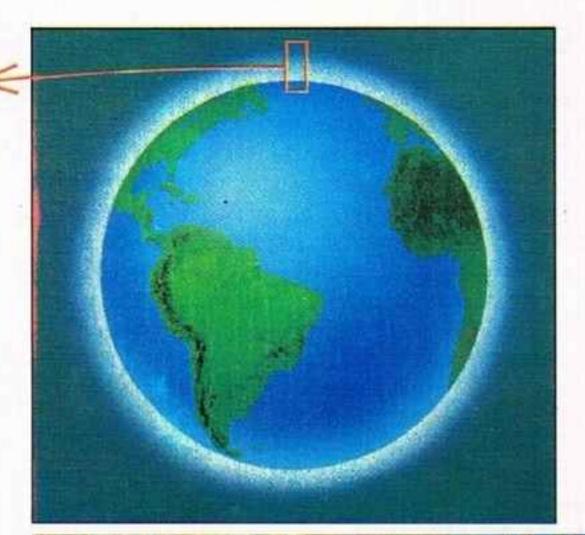
son las únicas nubes existentes por encima de la troposfera y son objeto de intenso estudio.

### La capa de ozono

de la atmósfera detiene la mayor parte de los rayos ultravioletas.

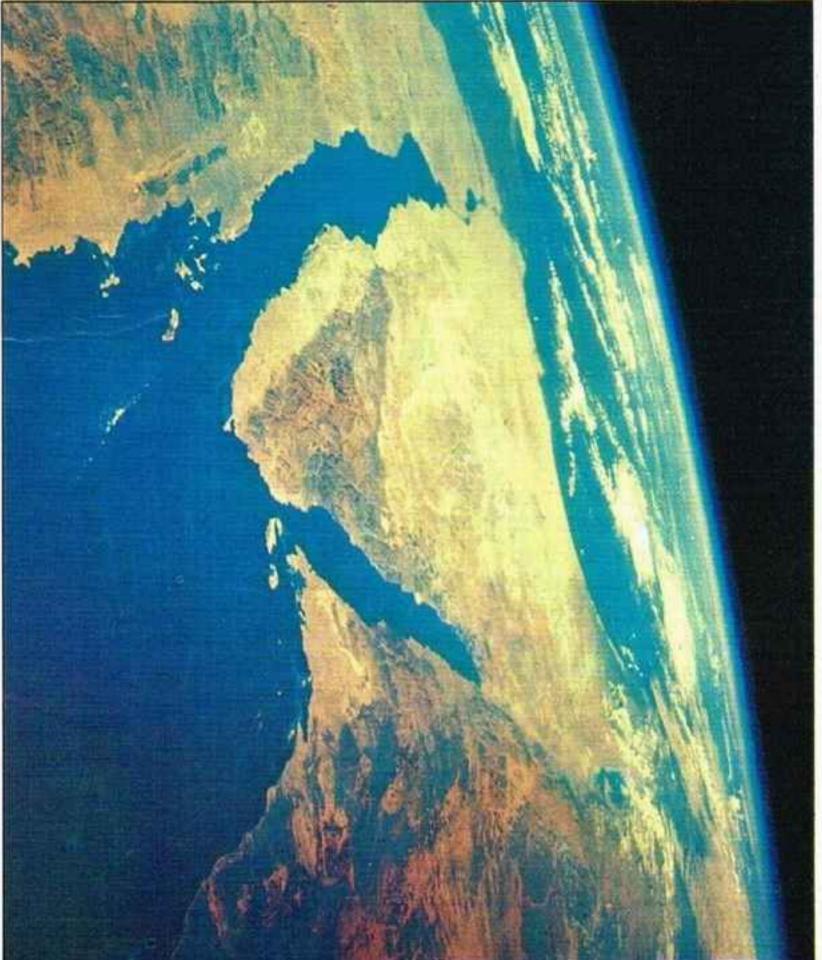


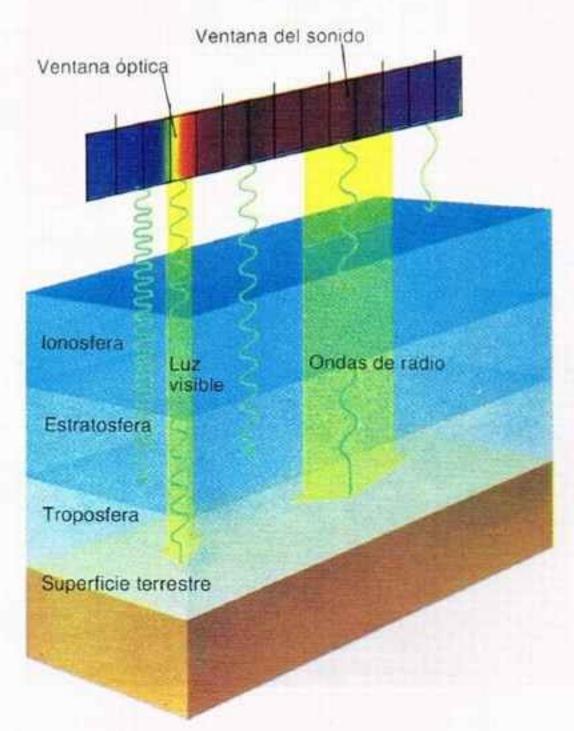




### La atmósfera desde fuera.

Los 1.000 km del diagrama grande aparecen en el gráfico de la izquierda a escala proporcional respecto a la Tierra. Solo los 10-18 km interiores de la troposfera tienen suficiente vapor de agua y polvo para ser perceptibles a simple vista. A partir de ahí se extiende la negrura del espacio (fotografia inferior). Las nubes parecen suspendidas justo por encima del suelo.





Dos «ventanas». La atmósfera es impenetrable a la mayor parte de las radiaciones electromagnéticas. Sólo dos «ventanas» dejan pasar radiaciones con longitudes de onda claramente limitadas. La «ventana óptica», abierta a la luz visible y a las zonas adyacentes de rayos ultravioletas e infrarrojos del espectro; la «ventana de sonido» admite ciertas longitudes de onda de radio. Sin embargo, las ondas cortas de radio, que suelen atravesar la atmósfera sin obstáculos, pueden a veces rebotar en las capas cargadas de la ionosfera (véase diagrama grande).

# Una cuestión de vida

O muerte

La atmósfera de la Tierra está ligada a los procesos de la vida a

través de dos ciclos esenciales, el del oxígeno y el del carbono. El oxígeno es un elemento fundamental de los sistemas energéticos de casi todas las plantas y animales. Estos organismos vivos liberan energía al oxidar grandes moléculas orgánicas, obteniendo el oxígeno a través de la respiración. Este consumo de oxígeno se compensa por fotosíntesis, mediante la cual las plantas verdes elaboran su rica sustancia energética para desarrollarse. Este proceso fundamental, sin el cual sería imposible la vida en la Tierra, es debido a la energía solar, y emplea, como materias primas, el hidrógeno del agua y el carbono del dióxido de carbono. El oxígeno es el subproducto más importante de la fotosíntesis. La mayor parte de los seres vivos han desarrollado complejas defensas contra lo que, para las delicadas sustancias orgánicas de sus células, es un corrosivo gas venenoso. Sólo en los «puntos calientes» de las profundidades del océano, en el cieno del fondo marino y en algunos otros medios altamente deficientes en oxígeno, existen bacterias anaeróbicas, es decir, bacterias que no dependen del oxígeno y que pueden sobrevivir sin protección.

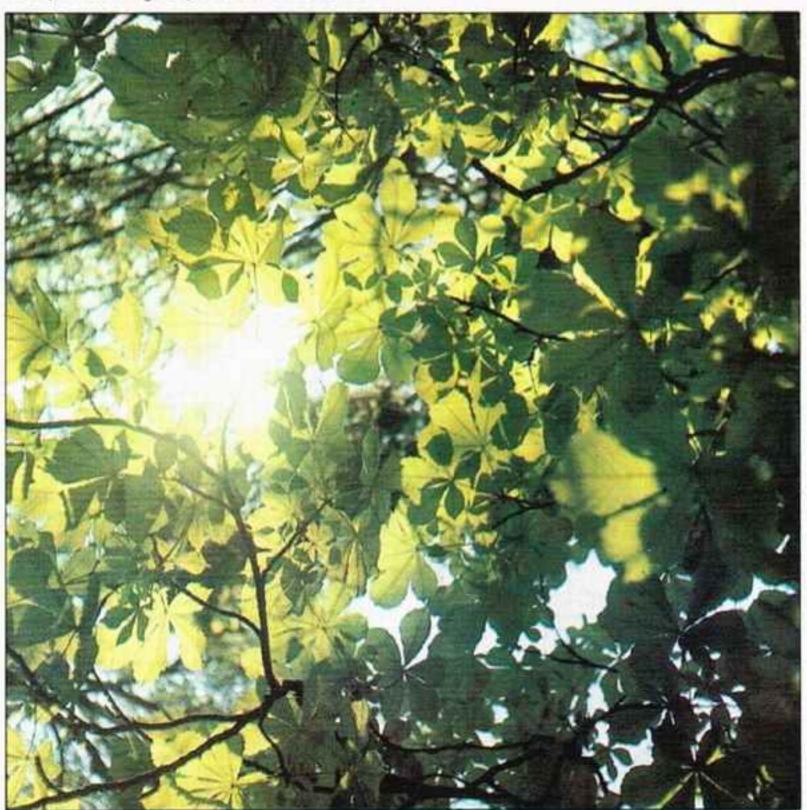
El carbono es el componente fundamental de todos los compuestos orgánicos. Es el elemento primario de la vida. Sin embargo, la cantidad de carbono es limitada, por lo que tiene que ser constantemente reciclado. El carbono de la biosfera —la delgada capa de vida de la Tierra— está en constante circulación entre la materia muerta y la viva. Las plantas verdes, las autótrofas, fijan el carbono de la atmósfera. De esta manera, pasa a formar parte de su biomasa y de la de las heterótrofas: todos aquellos organismos, desde los hongos al hombre, no dotados de clorofila y que tienen que alimentarse consumiendo la materia orgánica sinteti-

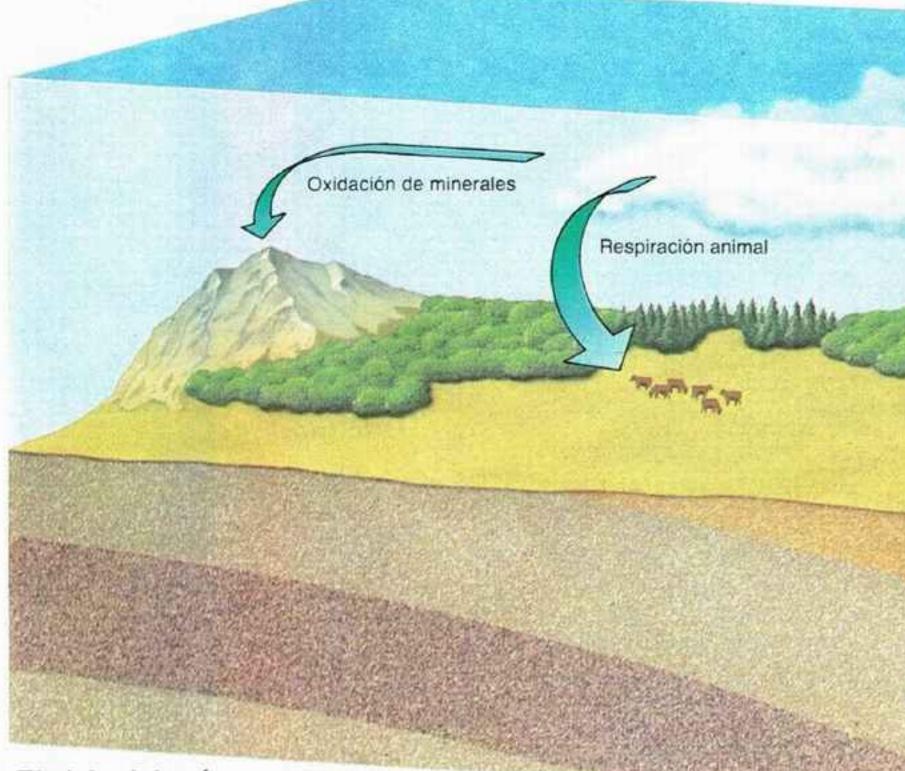
zada por las autótrofas.

Nuestro proceso de respiración, así como los agentes de descomposición que descomponen nuestros desechos y finalmente nuestros cuerpos, devuelven el carbono a la atmósfera en forma de dióxido de carbono. El hecho mismo de que el carbono del aire se encuentre en forma de dióxido de carbono significa que los ciclos del oxígeno y del carbono están íntimamente entrelazados.

Estos dos ciclos están relacionados a su vez con otros a una escala geológica mayor. Los rayos ultravioletas disocian el hidrógeno y el oxígeno del agua en la atmósfera exterior, y la oxidación de algunos minerales fija cierta cantidad de oxígeno. El ciclo del carbono es más cerrado, aunque se fija como carbonato cálcico en forma de caliza y creta. En esta parte del ciclo del carbono, la duración se calcula en millones de años.

Las hojas absorben energía solar mediante un proceso fotoquimico dirigido por la clorofila verde.



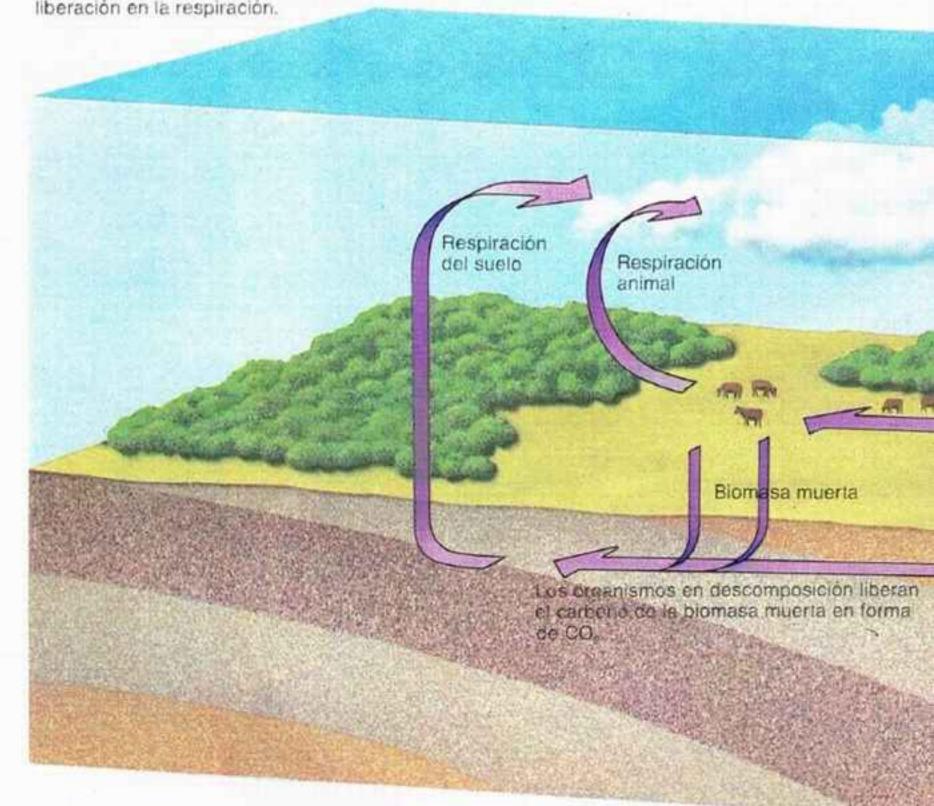


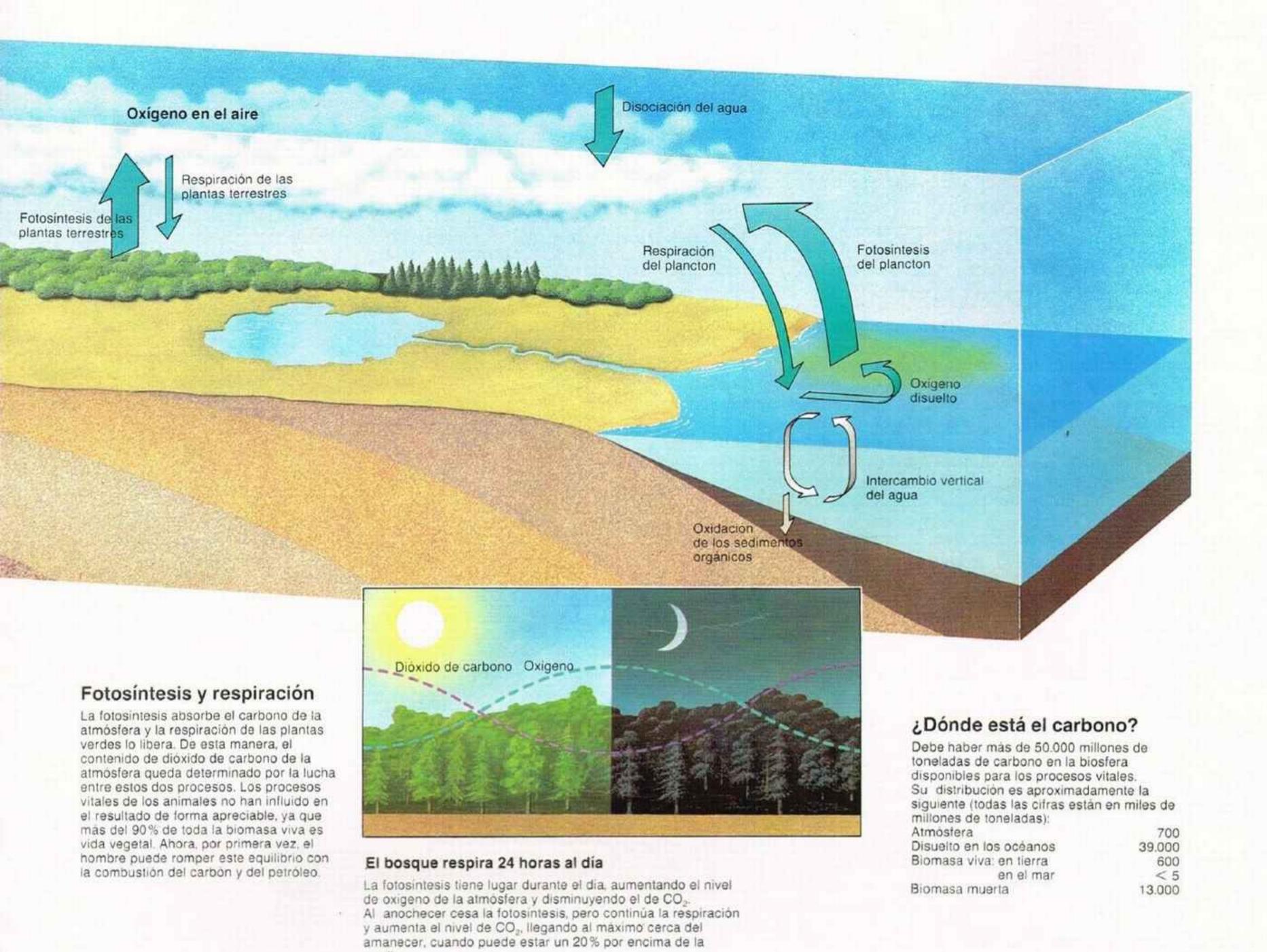
### El ciclo del oxígeno

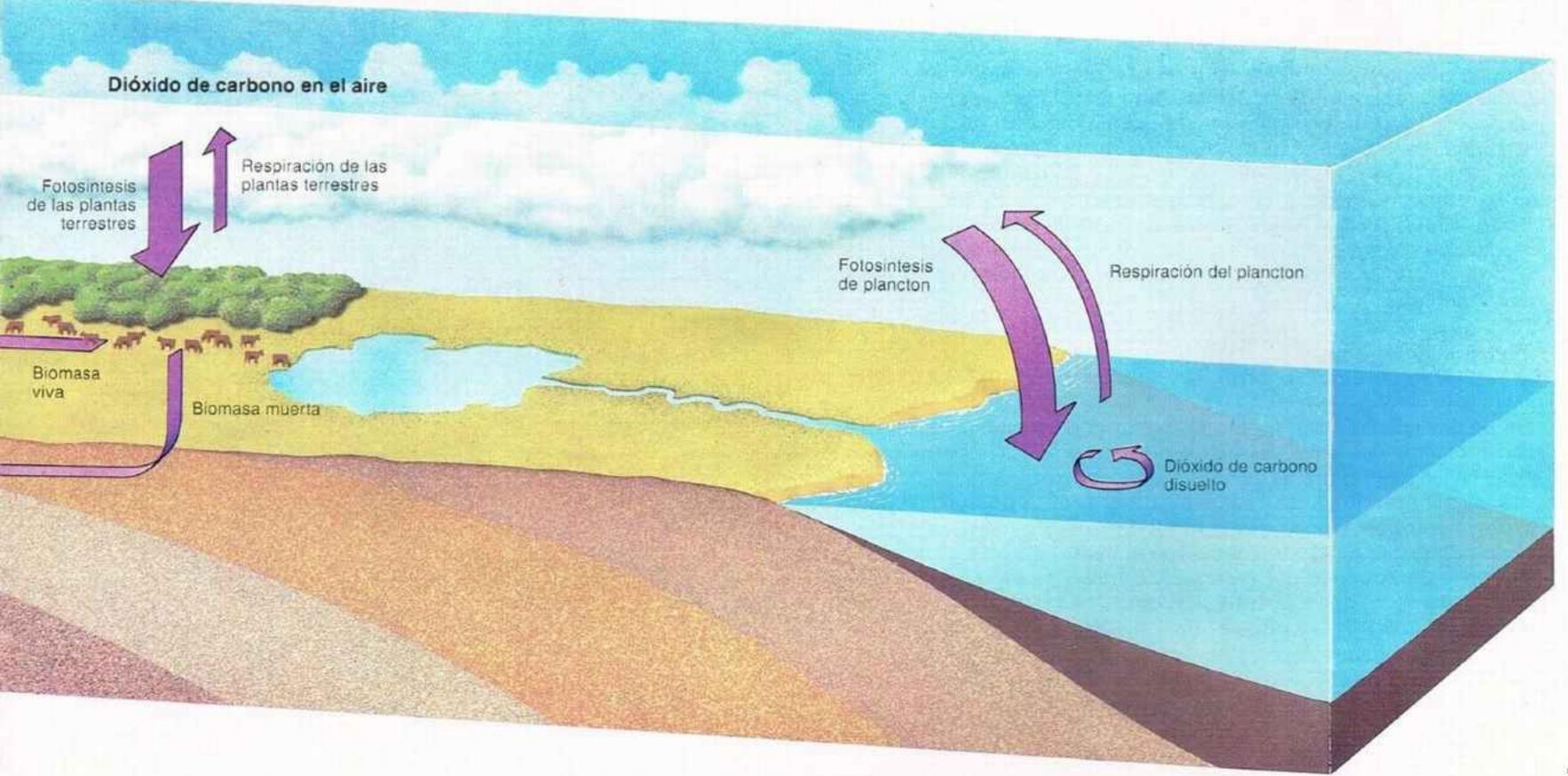
El aire contiene aproximadamente un 21 % de oxígeno; esta concentración es el resultado de millones de años de fotosintesis de las plantas verdes. El oxígeno que pudo haber existido en la atmósfera primigenia escapó hace mucho tiempo al espacio exterior. Los bosques y el plancton producen la mayor parte del contenido de oxígeno de la atmósfera. La deforestación y la contaminación de los océanos pueden, pues, tener consecuencias peligrosas al disminuir la producción del oxígeno que respiramos. A su vez, los procesos respiratorios de animales y plantas fijan el oxígeno, que es posteriormente liberado como parte del dióxido de carbono, ciclo analizado en la ilustración inferior.

### El ciclo del carbono

El dióxido de carbono es un componente usual de la atmósfera de los planetas y se halla presente, por ejemplo, alrededor de Venus y Marte. El contenido medio de CO<sub>2</sub> de la atmosfera de la Tierra es de sólo 0,033 %. El contenido de oxigeno libre en el aire es más de 600 veces mayor. El total de carbono existente en la atmósfera es, en realidad, superior en un 50 % a la cantidad fijada en los organismos vivos. En otras palabras, el carbono es escaso y tiene que reciclarse a mayor velocidad que el oxigeno. Hay enormes cantidades de dióxido de carbono disuelto en los océanos, aunque este carbono no está directamente disponible para el 90 % (calculado por biomasa) de todos los organismos vivos terrestres. El ciclo del carbono es complejo, aunque consiste principalmente en la fijación del carbono en la fotosintesis de las plantas verdes y en su







media.

### La circulación del aire

La circulación del aire en la atmósfera es producida por la convección, el trasvase de calor que se produce debido a que los gases o fluidos calientes se elevan mientras que los gases o fluidos fríos descienden. Por ejemplo, si se calienta una pared de una habitación al tiempo que se enfría la de enfrente, el aire se elevará junto a la pared caliente y se desplazará por el techo hasta la pared fría, antes de descender para volver a desplazarse por el suelo hacia la pared caliente.

Sin embargo, la atmósfera real es como una habitación muy larga con un techo muy bajo. La distancia desde el Ecuador a los Polos es de 10.000 km, mientras que la «altura del techo» hasta la tropopausa es de sólo unos 10 km. El aire, pues, se fracciona en una serie de pequeños lazos o «células convectivas». Entre el Ecuador y cada uno de los Polos existen tres células y dentro de éstas la circulación es principalmente en dirección norte-sur.

Acondicionamiento climático a gran escala

El resultado de esta circulación es un flujo de energía térmica hacia los Polos y una nivelación del clima, que hacen habitables tanto las regiones ecuatoriales como las polares. La atmósfera mantiene generalmente su estado de equilibrio, pues toda corriente de aire de dirección norte se ve contrarrestada por otra de dirección sur. De la misma forma, las depresiones en los niveles inferiores de la troposfera se ven equilibradas por las áreas de alta presión en los niveles superiores y viceversa. El trasvase atmosférico de calor está estrechamente relacionado con el intercambio de humedad entre el mar y la masa continental y entre las diferentes latitudes. El aire húmedo puede transportar mayores cantidades de energía que el aire seco.

Debido a que los cinturones de las células convectivas se mueven en sentido este-oeste, el clima y la meteorología varían según la latitud. En la zona de convergencia intertropical (zona de las calmas ecuatoriales) y en torno al Trópico de Cáncer y al Trópico de Capricornio, denominados «latitudes puentes», los barcos de vela podían pasar semanas a la deriva, incapaces de seguir un rumbo, mientras que los «rugientes cuarenta» del Atlántico Sur (40°-50° S) eran famosos entre los marinos por sus terribles vientos. Las zonas climáticas se perciben con especial claridad en el mar, al no existir masas continentales que las modifiquen.

El hombre y los vientos

Durante miles de años el hombre ha dependido de los vientos: ellos traían la lluvia a la tierra e impulsaban los barcos por los mares. Así, hace siglos que conocemos los cinturones de vientos del oeste, los vientos alisios y los monzones del sistema general de circulación. Incluso en el presente siglo, los barcos árabes navegaban de África oriental a la India con los monzones del sureste, regresando con los monzones del noreste, sin necesidad de brújula. Bastaba únicamente con los vientos.

Sin embargo, hasta la aparición del globo, a finales del siglo XVIII, no fue posible estudiar las condiciones meteorológicas a grandes alturas. El globo sigue siendo un importante medio de investigación, si bien en la actualidad, en lugar de transportar personalmente a los científicos, lleva un reflector de radar o un equipo de instrumentos y un transmisor de radio. Hoy en día, los aviones de gran altura y los satélites son también importantes auxiliares de la meteorología. Gracias a ellos hemos descubierto la corriente en chorro («Jet Stream»), que se mueve en sentido oeste-este. Sopla a velocidades de hasta 500 km/h a alturas de 9.000-10.000 m, a lo largo del límite entre el Ártico y los cinturones de convección de la zona templada.

Frentes meteorológicos

La circulación en el interior de las diversas células convectivas es mayor que el intercambio de aire entre éstas, por lo que la temperatura de dos células próximas puede variar considerablemente. Consecuentemente, los límites entre las diversas células convectivas son zonas en las que las masas de aire cálido y las de aire frío se oponen entre sí, avanzando y retrocediendo. En el hemisferio norte la línea divisoria entre el Ártico y las zonas templadas de convección es el frente polar, que determina el tiempo meteorológico en el norte de Europa y de América del Norte. Este frente es inestable, abriéndose paso a veces hacia el norte, a veces hacia el sur, desde una latitud media de 60° N. Las depresiones quedan atrapadas en las profundas concavidades de este frente y posteriormente se desplazan con él hacia el este, con zonas de lluvia y nieve. De esta forma, la circulación general del aire determina no sólo el clima a largo plazo, sino también el tiempo inmediato.



### Circulación general

La circulación del aire a gran escala se realiza por convección. El aire cálido se eleva en el Ecuador y luego se desplaza hacia el norte o el sur, mientras que las corrientes de aire frio se desplazan de los Polos al Ecuador. Cada hemisferio tiene tres cinturones de células convectivas y la circulación en el seno de cada uno de los cinturones es mayor que entre ellos.

Si la Tierra no rotase, los vientos soplarian principalmente en sentido norte-sur. La rotación de la Tierra hace que desvien su rumbo (flechas oblicuas). El modelo presentado sobre estas líneas es esquemático y presupone un planeta totalmente cubierto de agua. Los continentes crean sistemas de vientos locales

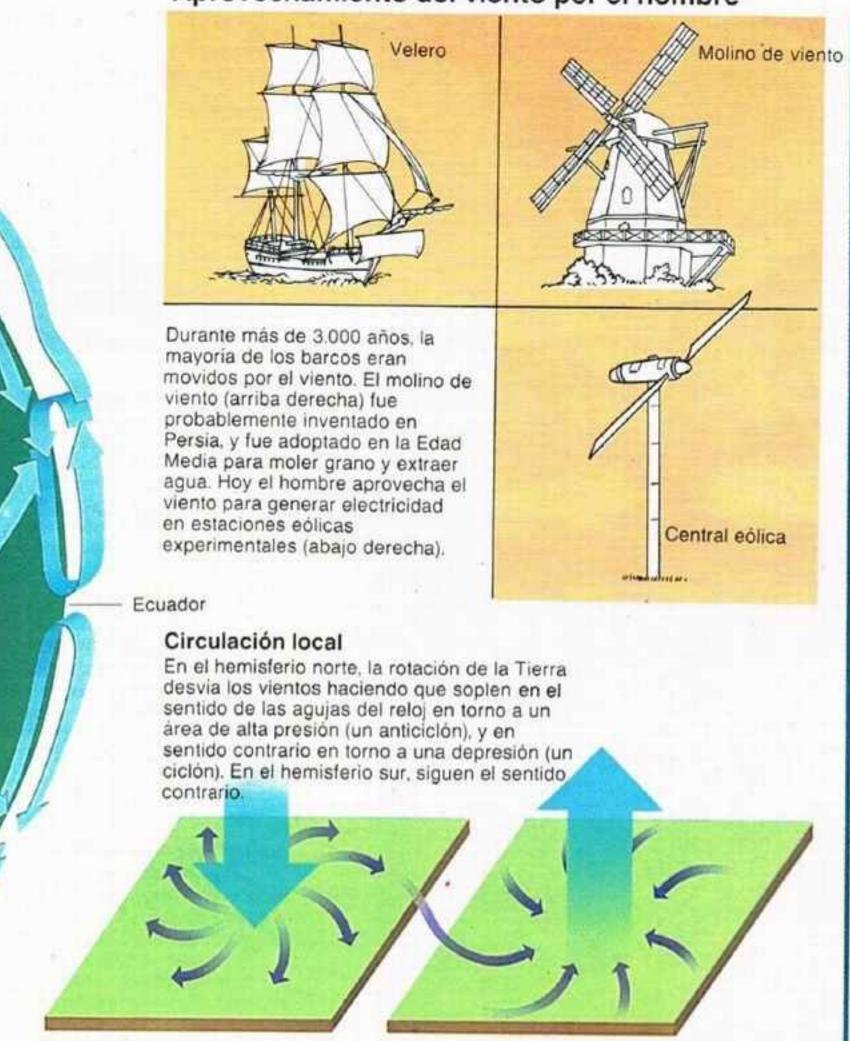
A ras de tierra, el aire se desplaza desde ambos hemisferios hacia el Ecuador. Una zona de convergencia intertropical va a lo largo del Ecuador y los marinos del pasado procuraban evitarla por sus vientos débiles e inestables. El intercambio de aire entre los hemisferios norte y sur es un proceso bastante lento.

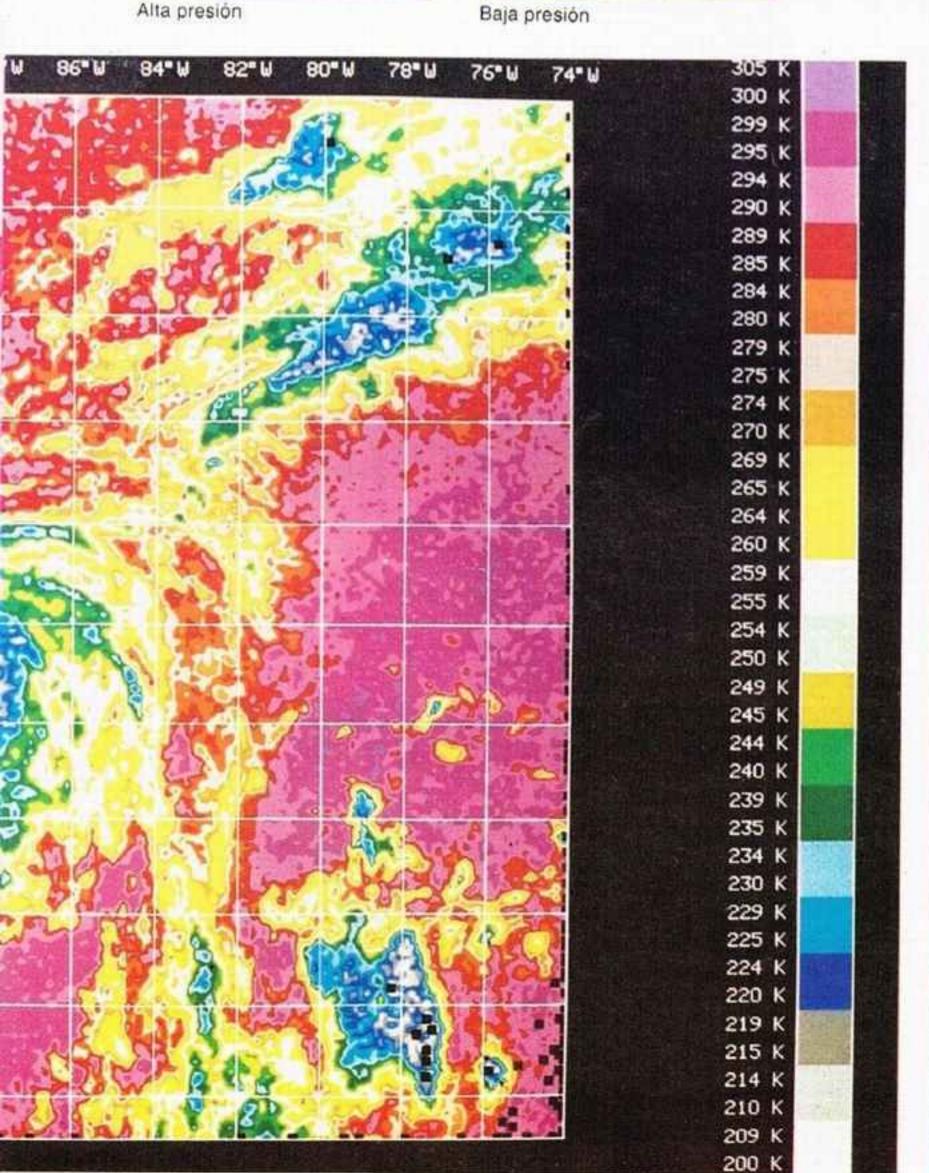
### Un ciclón tropical

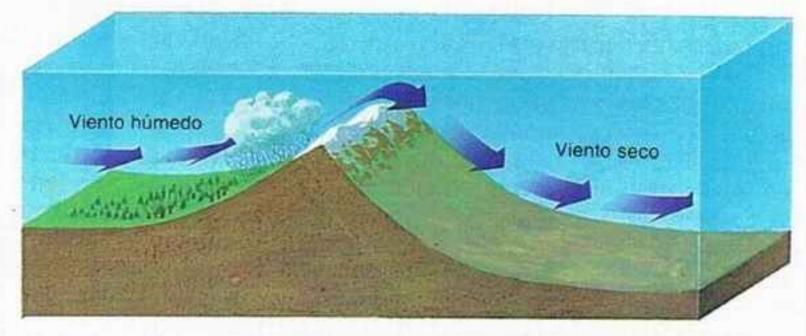
Un huracán del Golfo de México que se dirige a la costa de Estados Unidos es vigilado por instrumentos sensores de temperatura instalados en un satélite meteorológico. En la estación de tierra, los datos numéricos se trasladan a un mapa (derecha). El núcleo del huracán es una pequeña pero muy intensa depresión, y se puede apreciar claramente la espiral de aire en dirección al«ojo».

Los colores los produce el ordenador que realiza el mapa e indican las temperaturas de la alta troposfera, a unos 10.000 m de altura. La escala de colores, en el extremo derecho, está graduada en Kelvins. Un Kelvin (K) equivale a 1 °C, aunque el cero de la escala es el cero absoluto, -273,2 °C.

### Aprovechamiento del viento por el hombre



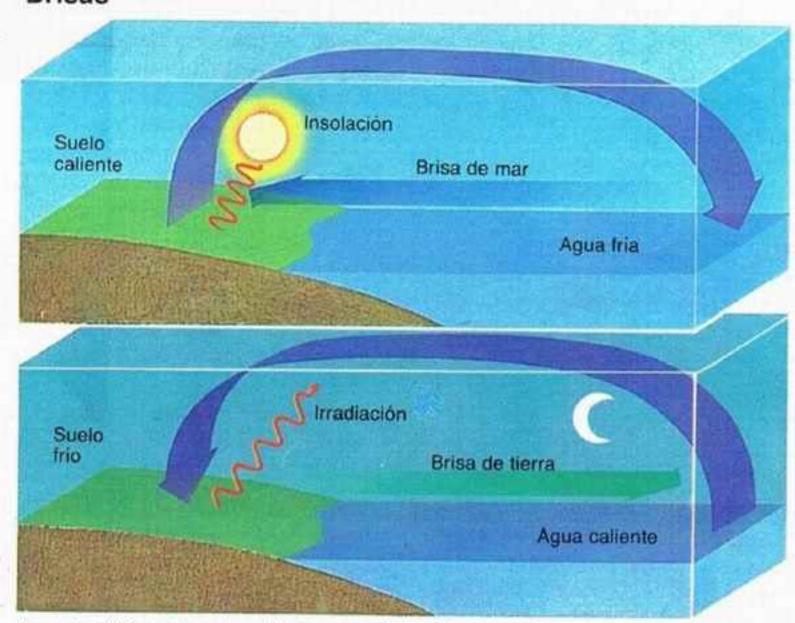




### Montañas, vientos y Iluvia

Cuando en la trayectoria del viento dominante se interpone una cordillera, la masa de aire que se eleva en el lado de barlovento se enfria y la humedad se precipita en forma de lluvia. Esta es la causa de que las colinas de Assam lleguen a tener hasta 250 cm (2.500 mm) de lluvia en un mes durante el monzón Suroeste. La parte de sotavento se halla en la «sombra pluviométrica» y tiene un clima seco.

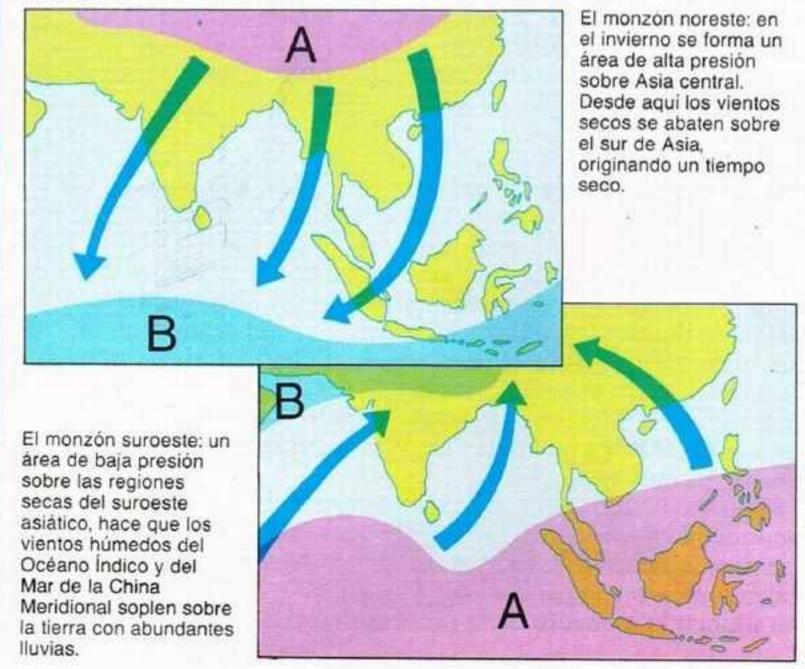
### Brisas



Durante el día, la tierra se calienta con más rapidez que el mar y el aire situado sobre la tierra se eleva. Su lugar es ocupado por aire más frio del mar, creando una brisa de mar. De noche la tierra se enfria rápidamente mientras que el agua conserva el calor. El aire se eleva en el mar, creando una brisa de tierra. A mayores alturas el sentido se invierte, a menos que otros sistemas de vientos mayores alteren el proceso.

### Vientos estacionales

Los monzones son brisas de mar y de tierra a gran escala, activadas por cambios de temperaturas anuales, no diarios. Dan lugar a períodos lluviosos y secos en el sur y en el este de Asia.



### Entre las nubes

La energía solar que calienta la atmósfera de la Tierra no es sólo responsable del sistema general de circulación, sino también de la circulación local del aire. La circulación general se desarrolla principalmente en sentido horizontal, moviendo el aire cálido de los trópicos a las regiones polares y el aire frío en sentido contrario. La circulación local, por su parte, opera más bien verticalmente, dando lugar a las corrientes ascendentes y descendentes. Estos vientos verticales no se pueden ver ni sentir, excepto en un avión, donde la turbulencia puede crear «baches» incómodos; sin embargo, vemos a diario un producto de los vientos verticales, las nubes del cielo. Algunos conocidos vientos locales, como el mistral y el siroco, son básicamente vientos «horizontales».

Aire y agua

El aire de la troposfera contiene siempre cierta cantidad de vapor de agua. La cantidad depende de la evaporación: sobre el mar la humedad es alta, sobre el desierto es muy baja. Hay también una cantidad máxima, relacionada con la temperatura. A los 20° C, un metro cúbico de aire puede contener hasta 17,3 g de agua. Si la temperatura desciende a cero, ese mismo volumen de aire sólo puede retener 4,9 g de agua; el resto se precipita en forma de pequeñas gotas microscópicas. Estas gotas se forman alrededor de núcleos de condensación, que pueden ser bien partículas de polvo o bien pequeños cristales de sal de la superficie del mar. Cuando esto sucede a ras del suelo se le denomina niebla, mientras que a mayores alturas da lugar a las nubes. Estas gotas son tan diminutas que pueden permanecer suspendidas indefinidamente en corrientes ascendentes muy ligeras. Si se unen formando gotas mayores, caen en forma de lluvia.

Montañas, frentes y corrientes térmicas

¿Cómo puede enfriarse rápidamente una masa de aire cálido? En ciertos casos, esta pérdida de calor puede darse mediante la conducción térmica al pasar sobre un suelo frío o un mar helado, o de noche por la irradiación. Pero una forma más rápida consiste en obligar a la masa de aire a elevarse, haciéndolo expandirse debido a la menor presión existente a su alrededor. A este tipo de expansión adiabática (expansión sin aumento de calor) le sigue siempre

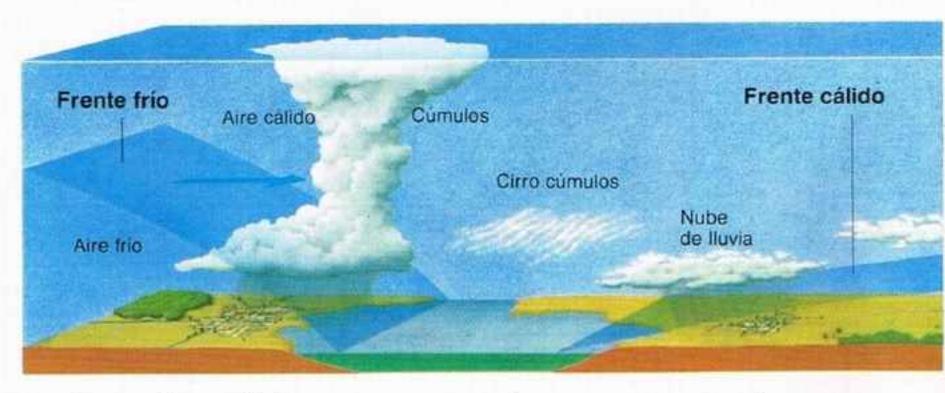
Una cordillera interpuesta en el sentido del viento puede obligar al aire a elevarse de forma natural. Así, se suelen formar las nubes de lluvia en el lado de barlovento de montañas o colinas, mientras que en el lado de sotavento se halla en una «sombra pluviométrica». Por ejemplo, la cordillera del Himalaya obliga a los vientos húmedos del monzón a soltar la mayor parte de la lluvia sobre el norte de la India, mientras que la meseta tibetana permanece seca. Los frentes funcionan como cordilleras móviles: a lo largo de un frente frío el aire se introduce por debajo de una masa de aire cálido, obligándola a elevarse, generalmente con fuertes lluvias y tormentas. Se produce un frente cálido cuando el aire caliente se eleva sobre una masa de aire frío, desplazándola.

Las corrientes cálidas ascendentes, denominadas «térmicas» por los pilotos de planeadores, proceden del calentamiento local del suelo y del aire situado sobre él por efecto del sol. El aire caliente se eleva debido a su temperatura y humedad relativa respecto a la masa de aire circundante. Cuando el aire llega a una cierta altura, la «base de nubes», el vapor de agua se condensa. Así se forman sobre este nivel los cúmulos ondulantes.

### La tormenta

Las fuertes corrientes ascendentes, bien de naturaleza térmica o producidas por el paso de un frente frío, suelen ir seguidas de tormentas. Las diminutas gotas de agua en circulación dentro de la nube desarrollan distintas cargas eléctricas y se crean enormes diferencias de voltaje en diversas partes de la nube, hasta que finalmente se descargan en forma de rayos. Sin embargo, el interior de una nube de tormenta es un medio complejo y todavía no se conoce bien cómo se separan las cargas positivas y negativas y cómo se trasladan a diferentes partes de la nube. La energía total de una tormenta eléctrica puede ser de la misma magnitud que la de una explosión nuclear.

Un rayo dura sólo aproximadamente 1/1.000 de segundo, aunque la energía eléctrica de esta breve descarga puede llegar a cientos de miles de amperios. El trueno se produce por el rápido calentamiento y expansión del aire al producirse el rayo, que crea un tremendo aumento de la presión y da lugar al tronido.

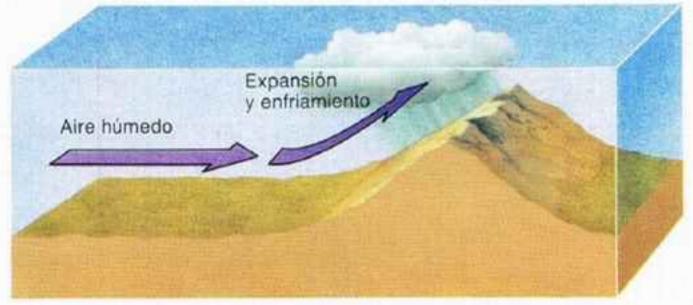


### Los frentes fríos y cálidos

determinan los cambios meteorológicos en las latitudes templadas. Cuando el aire frio (izquierda) se abre paso por debajo del aire cálido suele producir una fuerte tormenta. El frente cálido (derecha) se produce cuando aire cálido, generalmente húmedo, se desplaza sobre el aire frio. El resultado es una lluvia regular más que fuertes aguaceros. El frente frio está siempre más inclinado que el frente cálido; los ángulos de inclinación son aproximadamente de 5° y 2.5° respectivamente. Las diferentes formaciones nubosas anuncian la llegada de los diversos frentes.

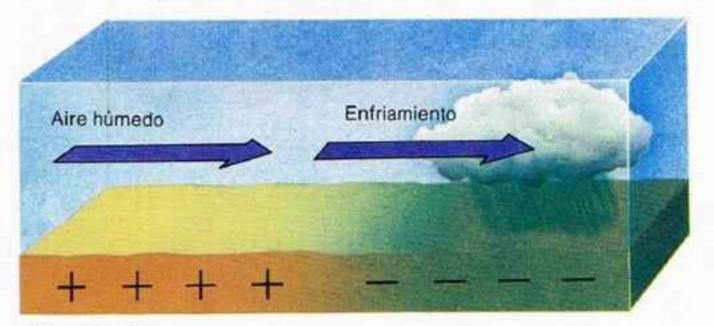


### Precipitación



### Montañas y Iluvias

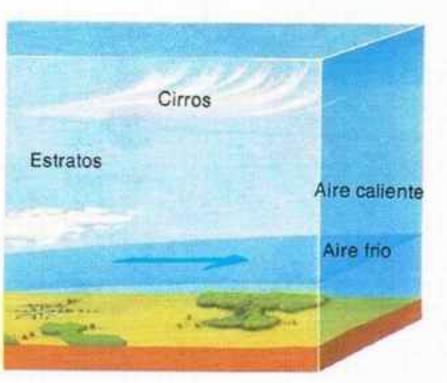
Cuando una montaña obliga a elevarse a los vientos húmedos, la reducción de presión resultante a elevadas alturas produce un descenso de la temperatura y la formación de nubes. De esta forma, ciertos puntos al sur del Himalaya pueden tener 250 cm de lluvia en un mes.



### Frío y Iluvia

Un proceso de enfriamento puede producirse también a consecuencia de la pérdida de calor hacia un suelo frio o una masa de agua fria o por la irradiación. Este proceso produce también nieblas, es decir, nubes a nivel del suelo.

### Una nube de tormenta



### Un cúmulo

no es sólo una nube de buen tiempo. Puede convertirse en una nube de tormenta (cúmulo nimbos o cumulus tonans) y a veces la nube toma forma de "yunque" (cumulonimbus incus, derecha).

### La parte superior

de la nube está formada frecuentemente por cristales de hielo. El nivel al que se hielan las gotas de agua depende de la temperatura.

### Corrientes ascendentes

soplan dentro de la nube, alcanzando a veces fuerza de vendaval. Adquieren mayor fuerza justo por encima de la base de nubes, cuando la condensación libera calor, aumentando la «flotación» del aire.

### Las corrientes descendentes

no tienen la fuerza de las ascendentes, pero pueden ser muy violentas. Corrientes descendentes y ascendentes producen turbulencias que han llegado a romper las alas de aviones ligeros.

### La base de nubes

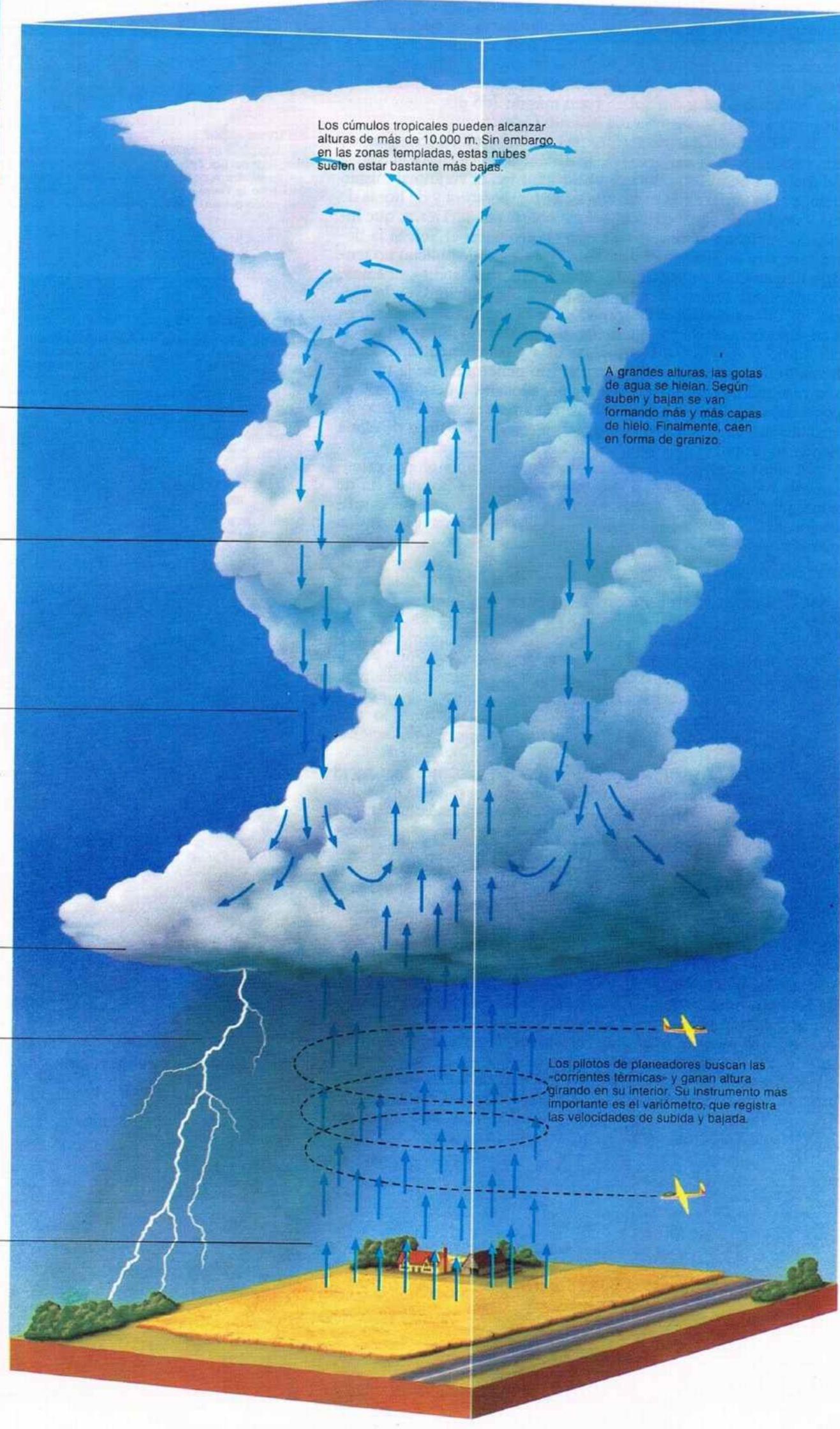
es el nivel en el que la \_\_\_\_\_ temperatura permite que se inicie la condensación.

### Las tormentas

se producen en nubes con circulación violenta. Las corrientes de aire forman un generador electrostático gigantesco.

### El aire cálido -

se concentra sobre el suelo caliente hasta perder contacto con la superficie y elevarse como un globo de aire. Es reemplazado por aire frio, que a su vez se va calentando.



# Estaciones y climas

La Tierra gira alrededor del Sol en un recorrido elíptico, y el Sol, el cuerpo central de nuestro sistema planetario, se encuentra en uno de los focos de esta elipse. En términos astronómicos, la distancia entre la Tierra y el Sol no varía mucho. La distancia media es un poco menos de 150 millones de kilómetros. La Tierra da una vuelta alrededor del Sol en poco más de 365 días y seis horas; las horas sueltas forman un día bisiesto cada cuatro años.

Es fácil darse cuenta de que las variaciones estacionales no son resultado de la variación de la distancia de la Tierra al Sol; si así fuera, el hemisferio norte y el sur tendrían el verano al mismo tiempo. Las variaciones estacionales de temperatura y de horas de día y noche son consecuencia del eje oblicuo de la Tierra, que inclina primero un hemisferio y luego el otro hacia el Sol. Si la tierra careciera de atmósfera y de hidrosfera, este eje oblicuo no tendría ninguna consecuencia importante. Nuestro satélite, la Luna, no tiene nada semejante a las estaciones. Sin embargo, en la Tierra, las diferencias en la distribución de la energía solar que llega a su superficie activa los movimientos del aire y del mar en un ciclo diario o anual. Los vientos, las olas y las corrientes, el calor húmedo de las selvas tropicales y el frío penetrante de la tundra, son resultado todos ellos de variaciones locales y periódicas. Las consecuencias llegan aun más lejos: el clima determina el tipo de vegetación y la fauna que ésta alimenta. Todos los tipos de clima tienen su propio ecosistema.

El clima es el valor medio del tiempo. Los climatólogos calculan esta media a lo largo de un período de 30 años con el fin de conseguir cifras representativas en las que poder basar sus clasificaciones. En la década de 1910, el austriaco Köppen trazó una clasificación de los climas del mundo basada en dos variables, la temperatura y el régimen de precipitaciones. Este sistema se sigue usando en líneas generales y es la base de la tabla de climas que aquí se muestra. Se pueden emplear otras variables: la relación entre precipitaciones y evaporación, el número de horas de insolación, la altura sobre el nivel del mar, la relación entre radiaciones incidentes y radiaciones reflejadas, y así sucesivamente. El balance de radiación, en especial, tiene una importancia fundamental. Los calurosos días y las frías noches del Sahara, por ejemplo,

mínimo las radiaciones incidentes durante el día ni las radiaciones reflejadas por la noche.

Él frío del invierno se intensifica cuando la blanca nieve y el hielo reflejan una gran parte del calor solar que nos llega. La distancia al mar determina la diferencia entre un clima continental y un clima marítimo. El clima continental suele ser seco con grandes diferencias entre el verano y el invierno, mientras que el clima marítimo es más húmedo y tiene una temperatura más regular. En Verjoiansk, en la tundra siberiana, la diferencia entre las temperaturas medias de los meses más cálidos y los más fríos del año es de 68° C. En Godthåb, en la costa oeste de Groenlandia, es de sólo 17° C.

se producen porque la atmósfera seca no obstaculiza lo más

Los científicos están estudiando el clima de la Tierra en épocas geológicas basadas, el paleoclima. La geología proporciona ciertas claves. Hay tipos de roca en Inglaterra, por ejemplo, que se formaron durante un clima desértico. El estudio de los anillos de crecimiento anual de los árboles vivos y fósiles, la dendrocronología nos permite remontarnos a miles de años atrás. La relación entre los diferentes isótopos de oxígeno en el hielo interior de Groenlandia y entre muestras de cieno de las profundidades marinas nos dan cierta indicación de los cambios climáticos del pasado. Pero es un tema complejo y no resulta fácil establecer una correlación entre los diferentes resultados.

# Enero Mayo Noviembre Septiembre

### En torno al Sol

En el curso de un año la Tierra recorre una órbita completa alrededor del Sol. Esta órbita, de aproximadamente 940 millones de km, es elíptica, aunque esto no influye en los cambios de estación. De hecho, la Tierra está más próxima al Sol en enero. El ángulo de inclinación del eje de la Tierra determina las estaciones.

### Las estaciones

El eje de la Tierra que va del Polo norte al Polo sur se inclina 23° 27' en relación con el plano de seu órbita. la eclíptica. Como el eje de un giróscopo o de una peonza, el eje de la Tierra señala siempre en la misma dirección, a pesar de que el planeta gire alrededor del Sol. Esta es la causa de que los dos hemisferios miren hacia al Sol alternativamente, originando el verano y el invierno respectivamente.

Verano en el hemisferio norte

Circulo Polar Ártico 66° 33' N

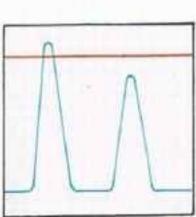
Ecuador

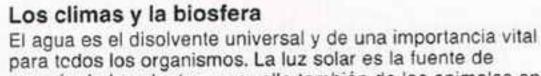
### Calor, humedad y vegetación

Selva ecuatorial de tierras bajas: temperatura y humedad altas y regulares durante todo el año.



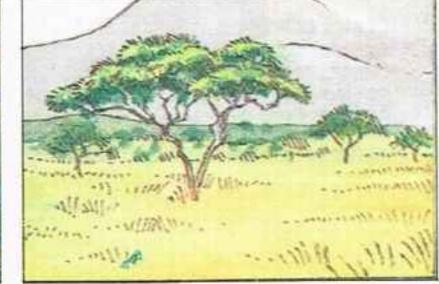
Sabana: temperaturas altas y regulares aunque las lluvias se distribuyen irregularmente, generalmente con dos periodos de lluvias al año.

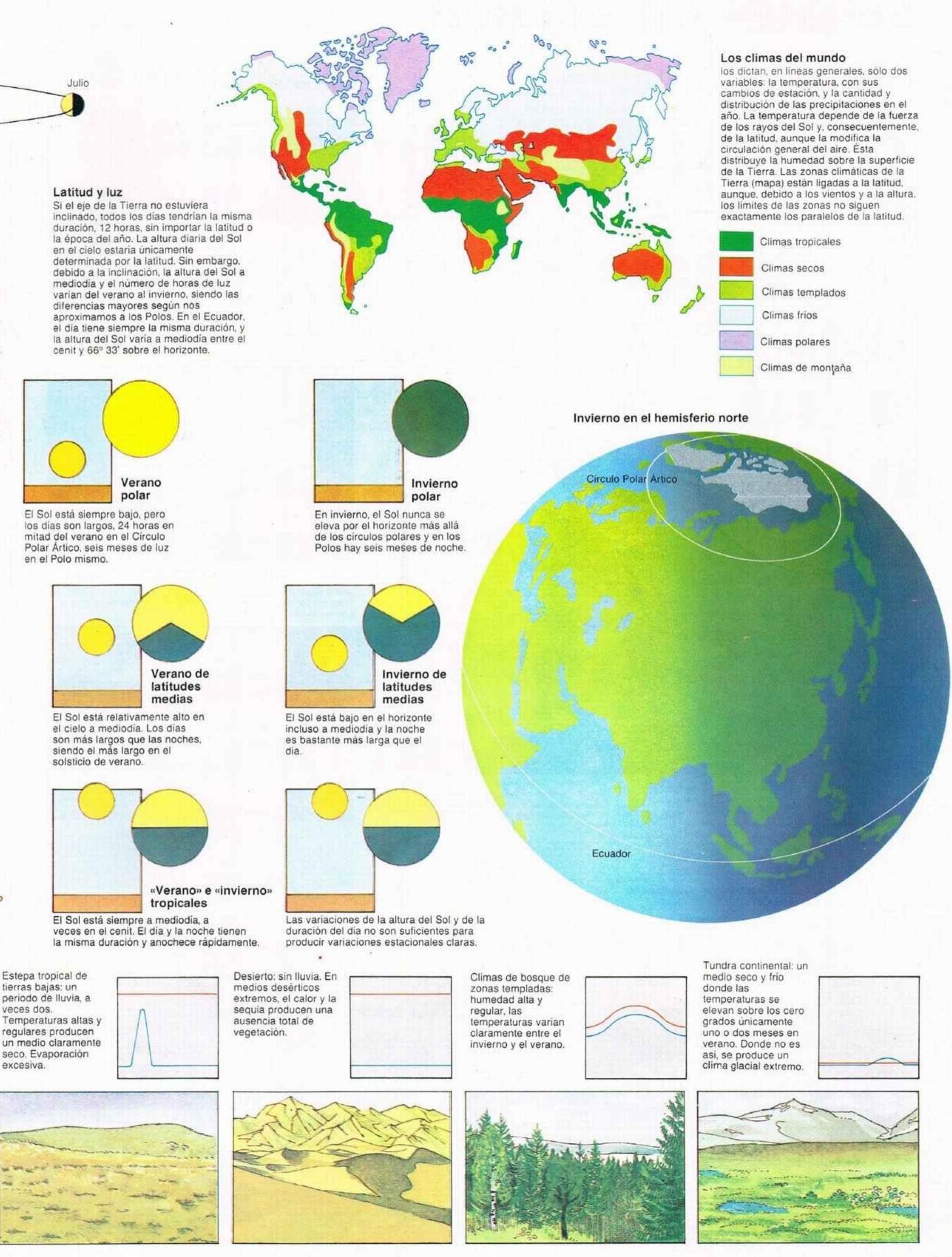




para todos los organismos. La luz solar es la fuente de energía de las plantas y por ello también de los animales en un último análisis. La temperatura determina también la existencia del agua en forma de líquido o de hielo. Las precipitaciones (líneas azules de los diagramas pequeños) y la temperatura (líneas rojas) determinan la vegetación (ilustraciones grandes). Aparte de estos tipos principales, hay muchas otras variaciones causadas por condiciones locales, como, por ejemplo, un macizo montañoso, irregularidades en el sentido de los vientos, etc.

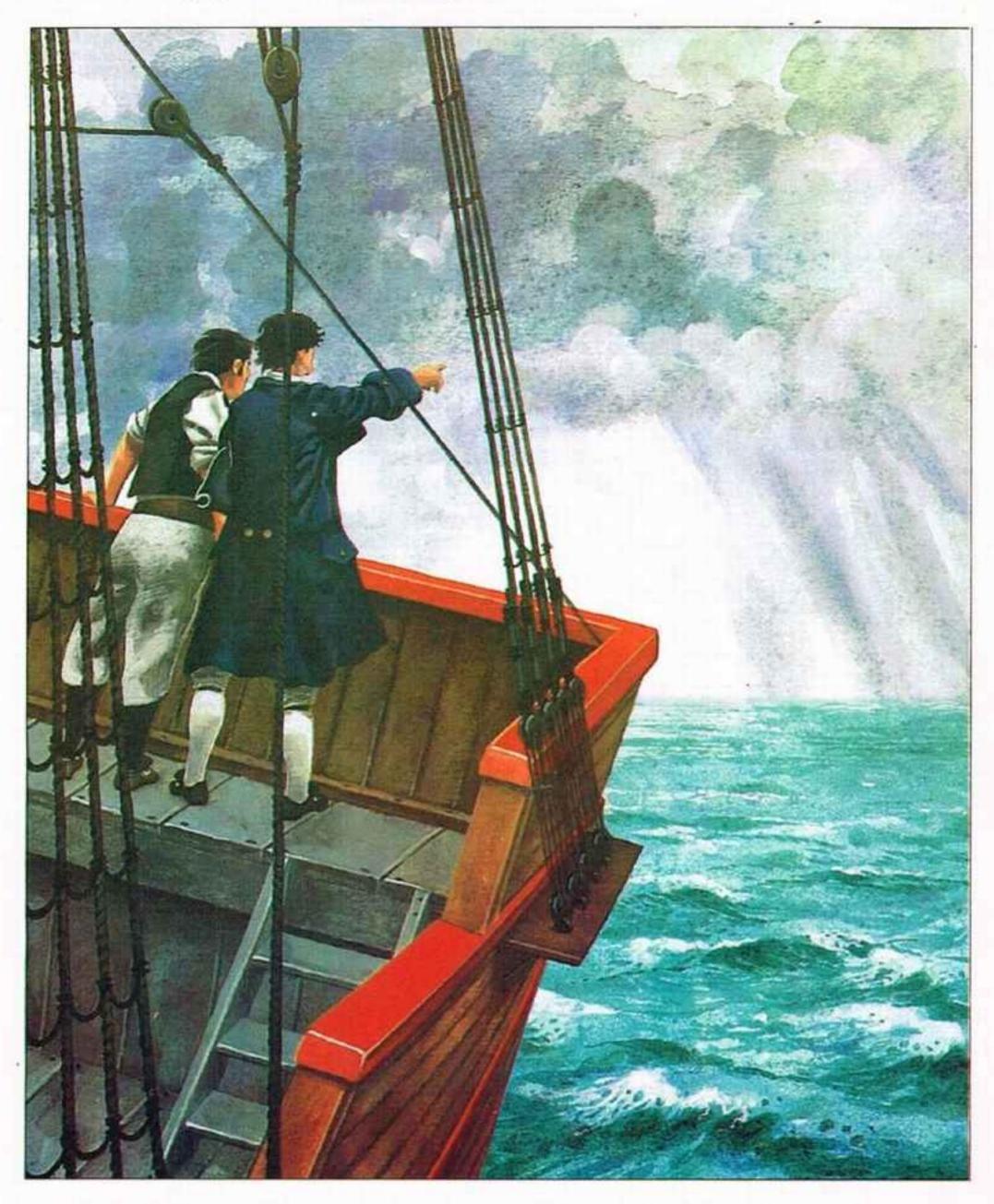






### Señales en el cielo

### Tradiciones populares metereológicas



### La meteorologia del marino

"Si tras el viento llueve, larga la vela y duerme." En el pasado, los marinos y los agricultores dependian siempre de su capacidad para predecir los cambios meteorológicos. Con el tiempo, su experiencia produjo una riqueza de saber popular expresado en refranes y proverbios. Gran parte de este conocimiento era acertado, aunque hasta el desarrollo de la meteorológia moderna no se ha comprendido realmente la relación causal entre «las señales del cielo» y el tiempo meteorológico en las horas siguientes a su aparición (derecha, tres ejemplos).

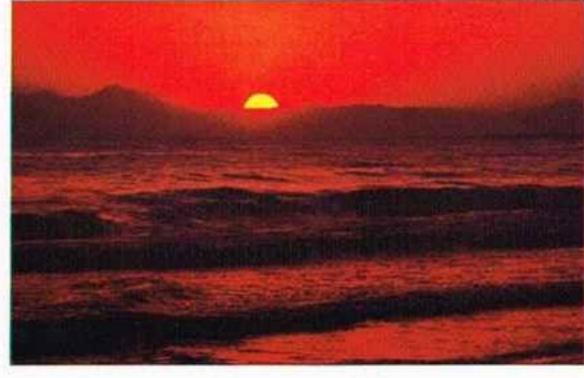
### Viejas señales - nueva ciencia



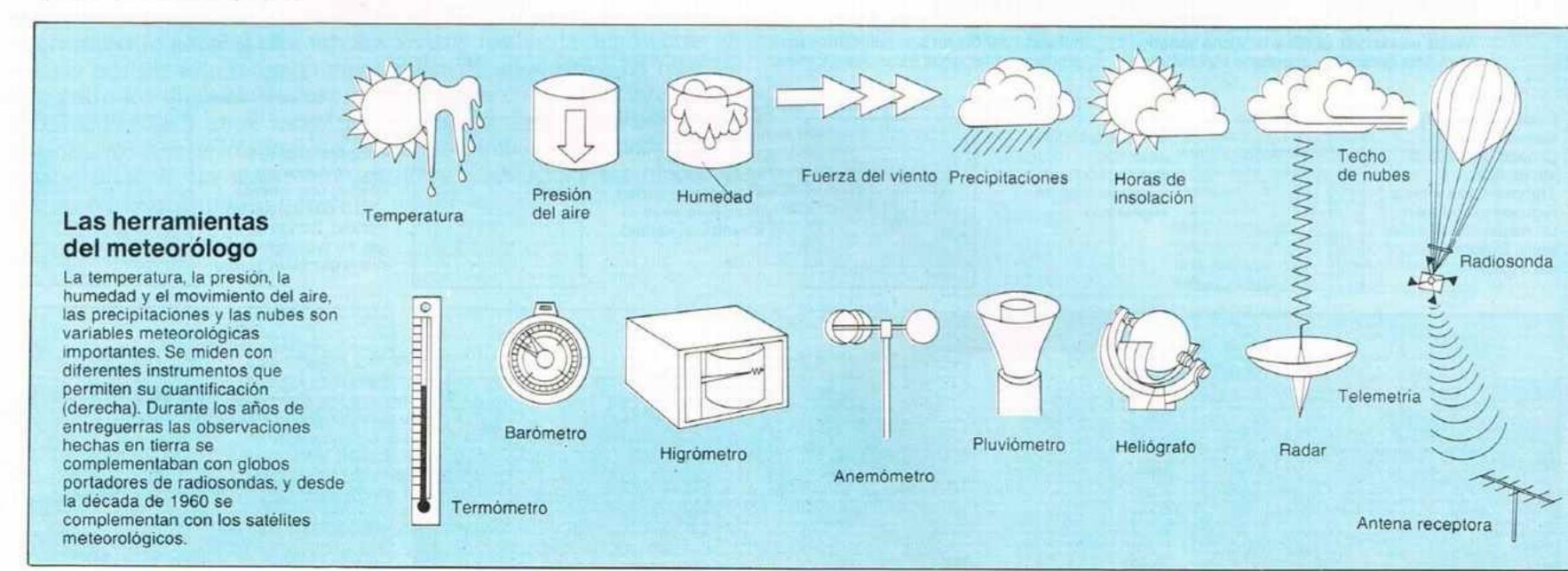
Los cirros se forman en el borde delantero de un frente cálido. A ras del suelo, el frente está todavia bastante alejado, aunque acabará produciendo un cambio en el tiempo, probablemente Iluvia.



Los halos se producen cuando un frente obliga a una masa de aire a elevarse hasta una altura en la que se forman cristales de hielo. Es también una señal de cambio de tiempo: se acerca un frente cálido.



"Tarde de arreboles, mañana de soles", "Arrebolada al ser de dia, cierta es la lluvia al mediodia". El cielo rojo se produce por la refracción de la luz en el aire húmedo, y es norma tras un dia cálido. Por otra parte, un amanecer rojo indica que la atmósfera está excepcionalmente húmeda, lo cual puede producir lluvia y vientos racheados.



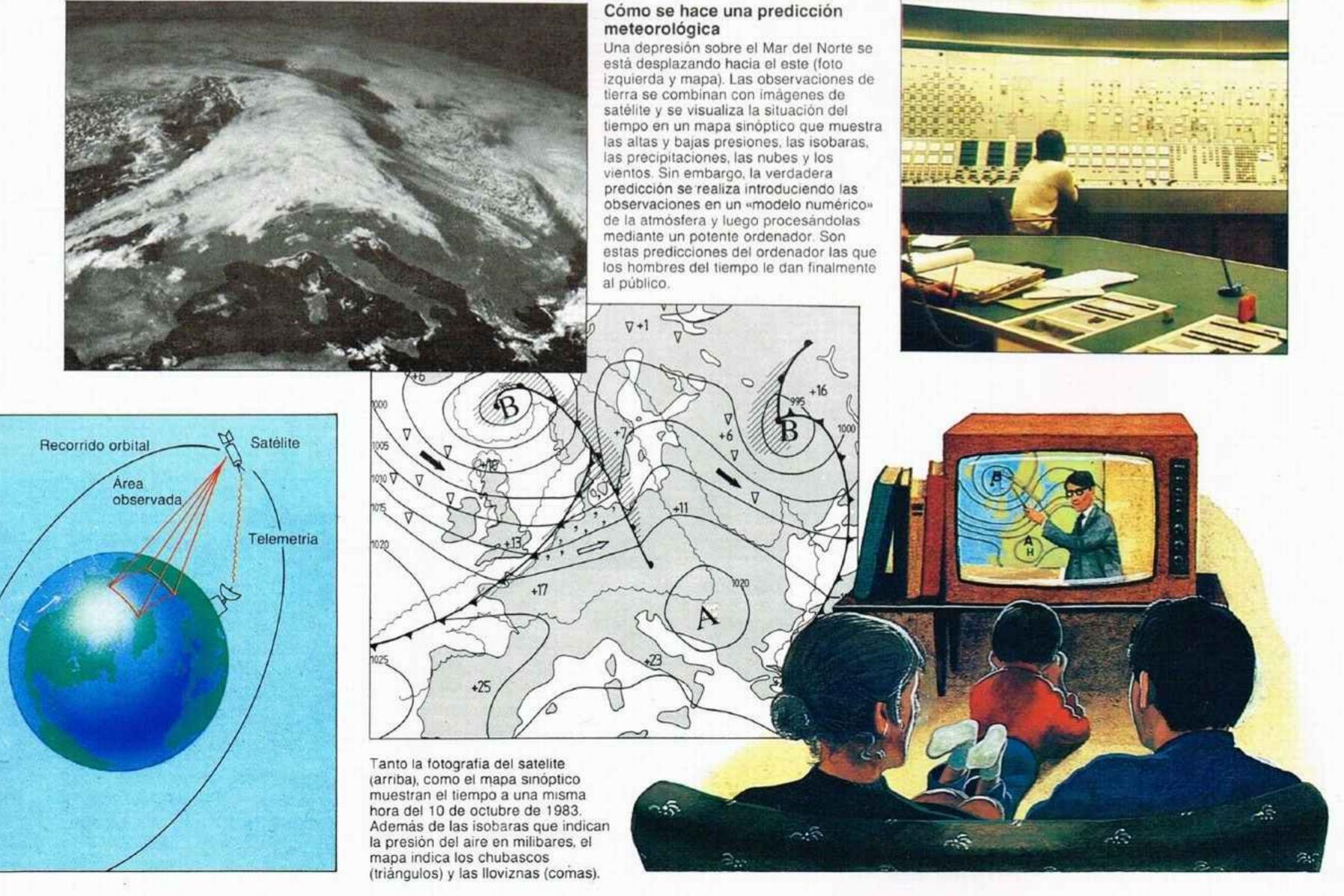
La ciencia de la meteorología debe mucho al desarrollo de las comunicaciones telegráficas. Anteriormente, el meteorólogo sólo podía operar con lo que veía directamente. Toda otra información más allá de su campo de visión no tenía ninguna utilidad cuando le llegaba. Sin embargo, el telégrafo hizo que se pudieran reunir simultáneamente observaciones de una amplia zona, permitiendo a los científicos obtener un mapa sinóptico de las condiciones meteorológicas imperantes e iniciar el análisis de los fenómenos atmosféricos.

Esta capacidad de recogida y de procesamiento rápido de datos es fundamental para el trabajo del meteorólogo. Continuamente se están recibiendo informes sobre temperatura, presión del aire, viento, precipitaciones y nubes, procedentes de estaciones meteorológicas, instrumentos automáticos y satélites no tripulados.

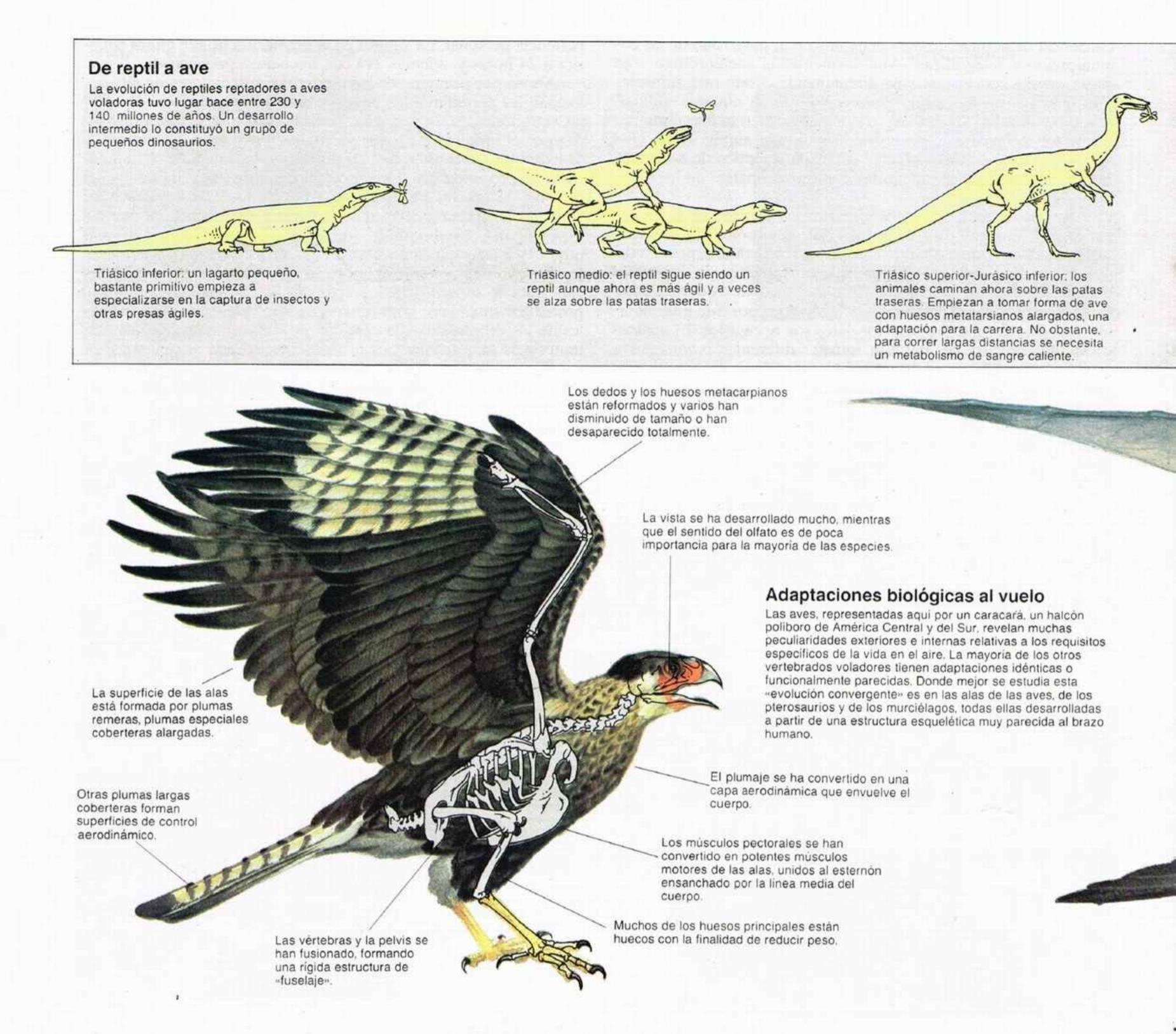
Los meteorólogos podrían verse agobiados por este interminable flujo de información, pero los datos son necesarios. El registro de valores precisos les permite someter diferentes fenómenos a análisis matemático, convirtiendo la meteorología en una ciencia exacta. Desde principios de este siglo se conocen ecuaciones sencillas que permiten predecir el comportamiento de las masas de aire. Para realizar predicciones útiles, hay que dividir la atmósfera en gran número de «cubos de aire» relativamente pequeños, con lados de quizá sólo 2 km. Cuando se ha analizado cada uno de estos cubos individualmente, se ajustan los resultados teniendo en cuenta lo que ha acontecido en los espacios adyacentes. Este proceso se repite varias veces. Naturalmente, esto requiere una gran capacidad de cálculo. Antes de que existiera tal capacidad, el meteorólogo, inmerso en sus mapas sinópticos, tenía que predecir el rumbo del tiempo sobre la base de métodos empíricos y de su experiencia personal. La validez de la predicción no era nunca superior a 24 horas y, además, era con frecuencia poco exacta.

Ahora por primera vez los modernos ordenadores de alta velocidad les permiten a los meteorólogos solucionar estas complejas ecuaciones en un tiempo razonable. Las predicciones realizadas por el ordenador no son ya cualitativas, sino cuantitativas, y se expresan en grados, metros por segundo, milibares y milímetros de precipitación. Las predicciones son más fiables, y su período de validez ha aumentado en el curso de la década de 1970 de 24 horas a cinco días. También se realizan, de manera experimental, predicciones que abarcan períodos mucho más largos, semanas e incluso meses, y si bien todavía no son suficientemente precisas, es probable que lo sean en un futuro no lejano. Los nuevos superordenadores de mayor capacidad permitirán probablemente hacer predicciones de largo alcance antes de finales de los 80. Además, la cantidad de datos que reciben los meteorólogos para realizar sus predicciones es cada vez mayor. Los satélites modernos no sólo registran la situación de las nubes, sino también las temperaturas, tanto de la alta atmósfera como al nivel del suelo y del mar. Registran la capa de nieve y de hielo marino. Todos estos datos son muy importantes para las predicciones meteorológicas de largo alcance.

Muchas actividades de importancia económica dependen del tiempo, lo que convierte a la meteorología en una ciencia de gran valor práctico. La agricultura, la navegación y la aviación dependen en alto grado de la precisión de las predicciones, al igual que muchas otras actividades humanas. Así, a pesar de lo elevado de los costes, los gastos en satélites meteorológicos y superordenadores están plenamente justificados.



### La vida en el aire



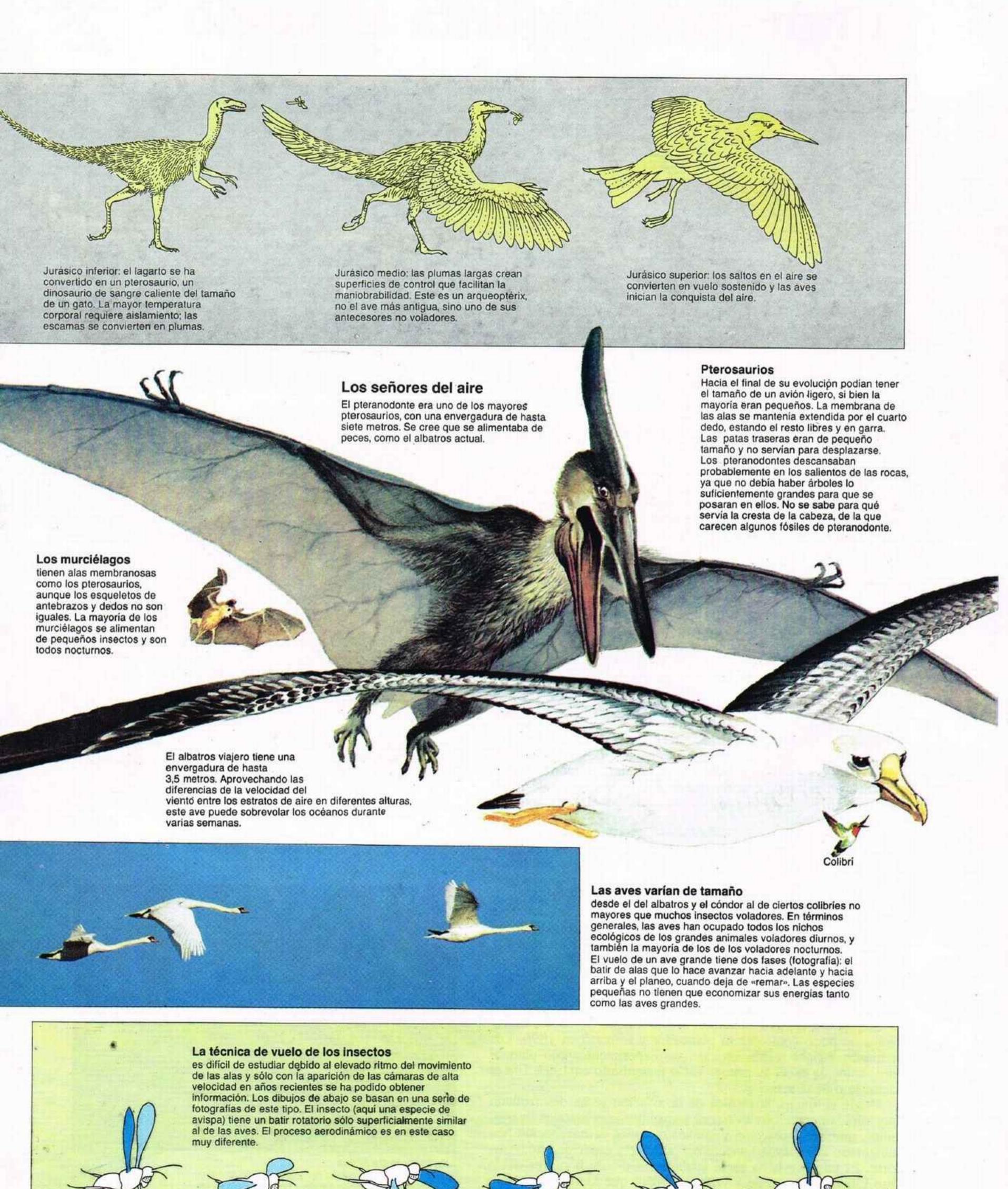
La capacidad de volar constituye una de las adaptaciones biológicas más curiosas. Es también muy difícil de conseguir. Entre otras cosas exige una reestructuración del cuerpo que, una vez realizada, es irreversible. Pero en la lucha por la supervivencia, volar resulta tan ventajoso que tal adaptación se ha dado no una, sino cuatro veces en la historia de la evolución: entre los insectos, los pterosaurios, las aves y los mamíferos.

Los insectos son un caso especial. El enorme éxito de los insectos voladores se atribuye a su pequeño tamaño. El peso de un animal varía según el volumen, aunque la capacidad muscular depende de la zona de sección del músculo. Si a un animal se le reduce a la mitad de su tamaño, su peso disminuye una cuarta parte. Así, de un solo golpe la relación potencia-peso es doblemente favorable. Además, en pequeñas cantidades el aire se comporta más como un líquido que como un gas ligero. Los insectos pueden, pues, generar impulso de elevación por procesos totalmente diferentes a los de las aves.

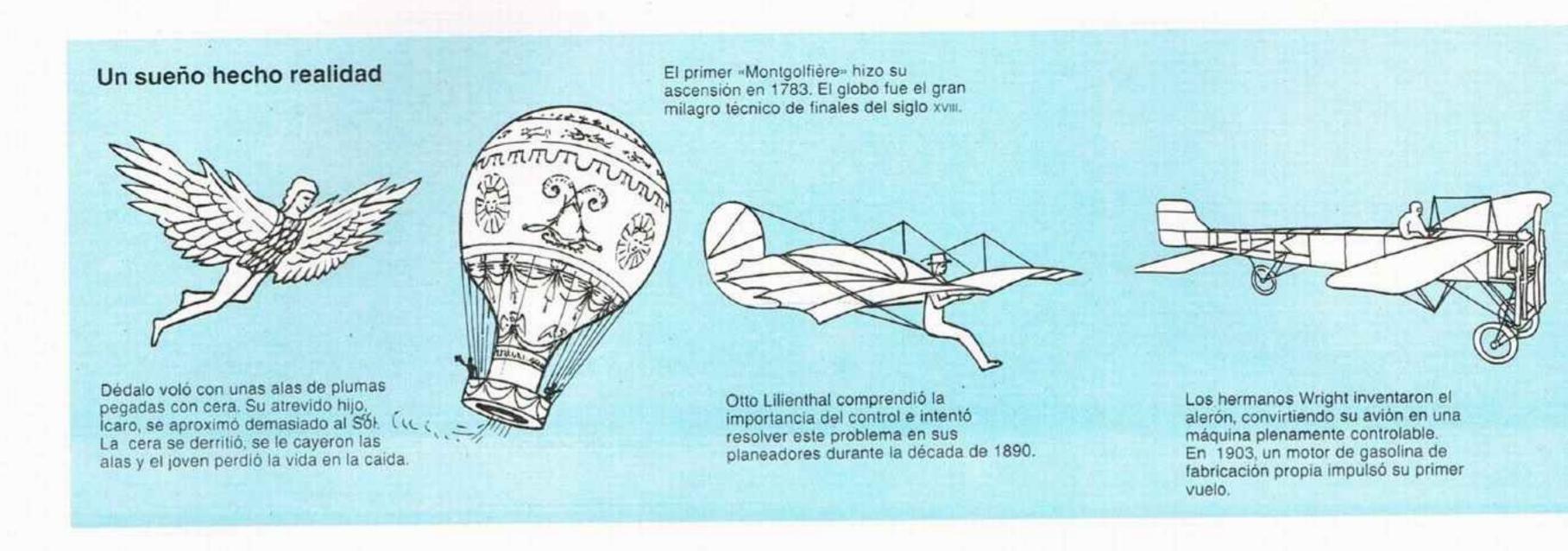
Los insectos empezaron a volar durante el período Carbonífero, hace aproximadamente 300 millones de años. Los pterosaurios evolucionaron en el Triásico, hace unos 200 millones de años. No se trataba realmente de «reptiles voladores». Los reptiles no pueden volar, ningún animal de sangre fría puede realizar un esfuerzo muscular prolongado. La estructura interior de los huesos revela que los pterosaurios tenían la sangre caliente como las aves y los mamíferos, y ahora sabemos por restos fósiles que al menos las especies más pequeñas desarrollaron una capa de pelo aislante. Algunos pterosaurios no eran mayores que golondrinas, mientras que otros tenían una envergadura de más de diez metros.

Las aves aparecieron por primera vez durante el período Jurásico, hace unos 150 millones de años. Heredaron la sangre caliente y el plumaje aislante de sus antepasados, los pequeños dinosaurios predadores. Las aves desplazaron a los pterosaurios, probablemente por ser más resistentes. Un ave que pierde parte de sus alas puede desenvolverse hasta que le crecen otras nuevas, pero aquellas increíbles velas vivientes, los pterosaurios, estaban perdidos si se les rompían las membranas de las alas. En el suelo, estaban indefensos.

Hoy las aves dominan el aire de tal manera que los murciélagos, los únicos mamíferos voladores, se ven obligados a llevar una vida principalmente nocturna. Naturalmente, el hombre también vuela, aunque su tecnología de vuelo es mecánica, no biológica.



### El hombre remonta el vuelo



Desde que ha podido contemplar a las aves girando sobre su cabeza, el hombre ha ansiado verse liberado de su esclavitud a la fuerza de la gravedad. En mitos y leyendas, los seres humanos no tenían problemas para volar. Los griegos describieron cómo Dédalo e Icaro se lanzaron al aire para escapar del rey Minos de Creta, y también Völund, el diestro herrero de las sagas germánicas, había dominado el arte de volar. Sin embargo, en la realidad, el hombre no ha visto cumplido su sueño hasta el presente siglo.

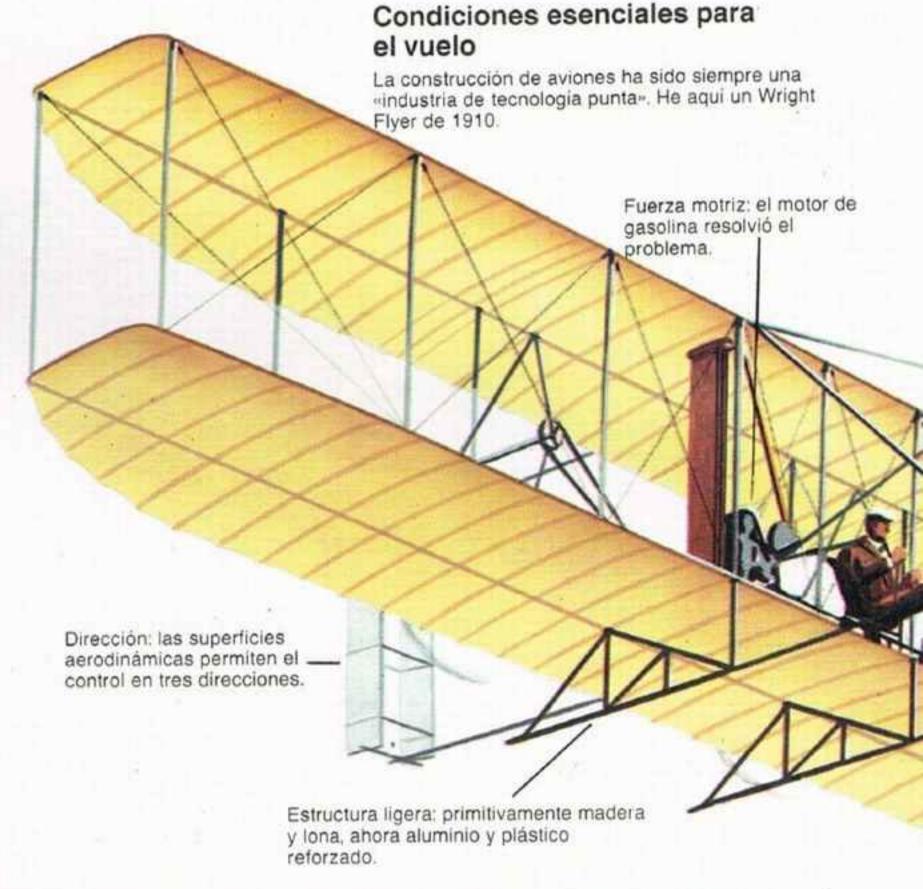
En la época de Leonardo da Vinci hubiera sido posible construir un ala delta funcional del tipo de las que se usan actualmente, pero nadie lo hizo. La aparente simplicidad del ala delta es en realidad engañosa. Se debían superar tres problemas para volar correctamente: fuerza ascensional, fuerza motriz y dirección.

El primero se resolvió en cierta forma en 1783 cuando los hermanos Montgolfier elevaron su primer globo de aire caliente sobre París, al que le siguió poco después un globo de hidrógeno. El globo se empleó ampliamente en el siglo xix como aparato de investigación, como plataforma estacionaria de observación y para el deporte. No obstante, no fue jamás una verdadera máquina voladora, ya que los vientos la llevaban hacia donde soplaran. Incluso contando con un motor, resultaba demasiado frágil para hacer frente a los vientos tormentosos, por no mencionar el peligro de incendio.

Pronto se comprendió que la fuerza ascensional aerodinámica podía conseguirse mediante perfiles de alas curvadas. El principio es bastante simple. El aire corre con mayor rapidez sobre la superficie superior del ala, curvada y más larga, que sobre la superficie inferior, recta y más corta, y esta diferencia de presión produce un impulso de elevación. Esto requiere que el avión se mueva hacia adelante en el aire. Hasta finales del siglo pasado no se pudo construir un motor lo suficientemente ligero y potente para impulsar un avión. Se hicieron muchos intentos valerosos para iniciar el vuelo, pero los cortos saltos acaban invariablemente en una caída. No bastaba con lanzar una máquina voladora al aire: una vez allí había que dirigirla.

El pionero alemán Lilienthal se dio cuenta de ello. Sin embargo, no pudo controlar su planeador y se mató en 1896. Los hermanos Wright realizaron extensos experimentos con planeadores antes de hacer su primer vuelo propulsado en 1903. Era el nacimiento de la aviación.

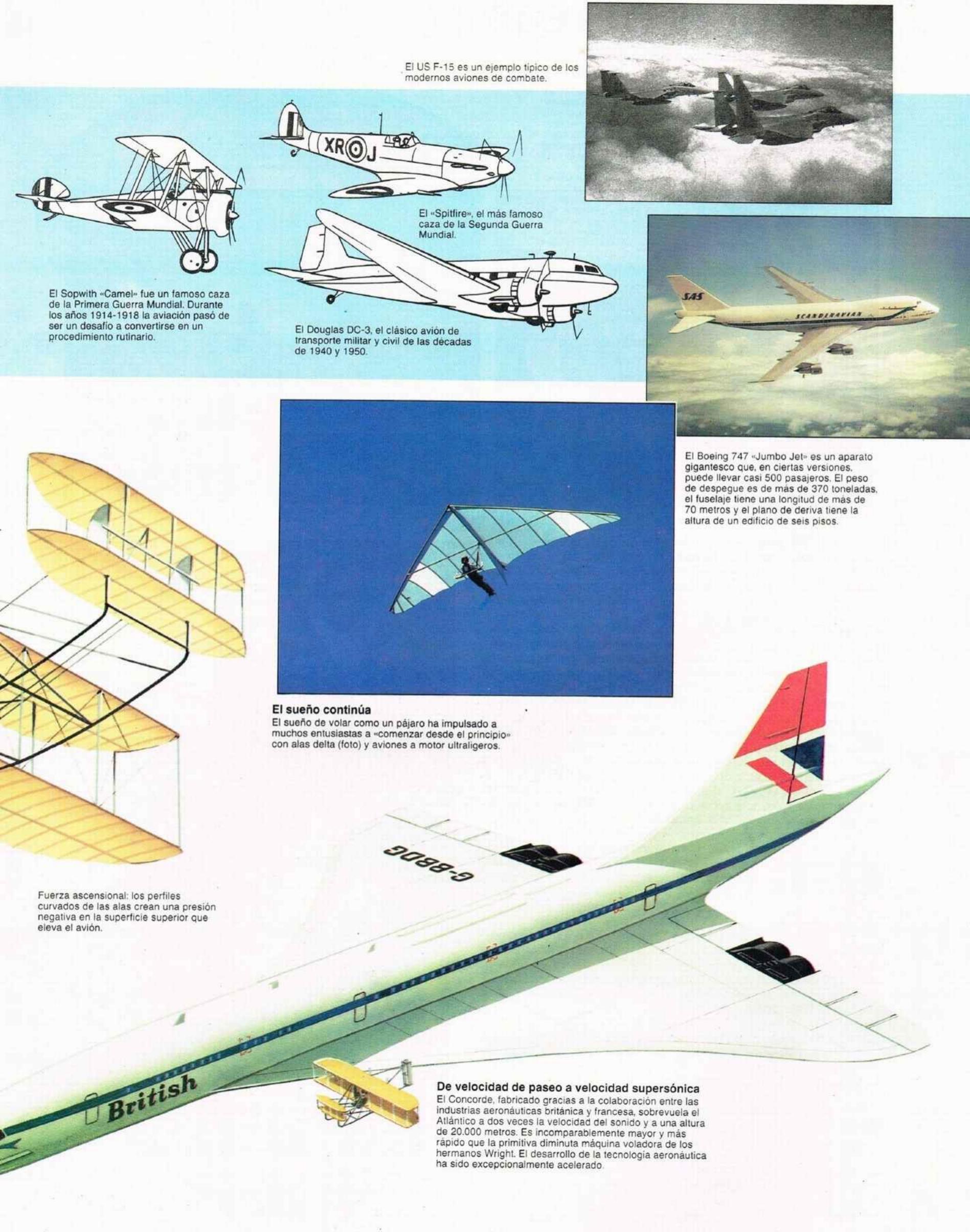
Desde entonces, la técnica de la aviación se ha desarrollado muy rápidamente. Los aviones construidos con metales ligeros, radios, motores a reacción y nuevos métodos de navegación han aumentado la seguridad, velocidad, alcance y capacidad de transporte. El paso decisivo hacia adelante lo dieron hombres como Otto Lilienthal y Orville y Wilbur Wright, que fueron los primeros en darse cuenta de los tres problemas, fuerza ascensional, poder motriz y control, y que prepararon el camino para superar estos obstáculos.





### Alta tecnología aérea

Para el no iniciado, la cabina del Concorde constituye un conjunto enloquecedor de agujas y botones. Pero en los días de los motores de pistón había que llevar el control de un número de instrumentos e indicadores aun mayor. El motor a reacción ha permitido una considerable simplificación técnica, al tiempo que los equipos de comunicación y navegación desempeñan una parte más destacada que durante la era de la hélice.



### Las rutas aéreas

### La aviación de ayer y de hoy

La historia de la aviación comercial comienza en la década de 1920: este «aerotaxi» de 1928 nos da una muestra del primitivismo de aquella época. Las tarifas eran, sin embargo, altas. Volar era una forma de viajar o más bien una aventura para unos pocos privilegiados.



En menos de sesenta años la aviación se ha convertido en uno de los medios de comunicación más importantes, reclutando pasajeros de todas las clases sociales. Abajo, turistas embarcando en un DC-9 en un pequeño aeropuerto del centro de Suecia.



La aviación comercial no apareció realmente hasta el período inmediatamente posterior a la Primera Guerra Mundial. Fue en esa época cuando los intrépidos pilotos empezaron a transportar sacas de correo entre las grandes ciudades europeas y norteamericanas en aviones abiertos. A veces llevaban algún pasajero, completamente cubierto para protegerse contra el frío del aire. Sin embargo, los diseñadores de aviones, aprovechando su experiencia durante la guerra, empezaron pronto a construir aviones especiales para pasajeros. En Europa se desarrolló una red de rutas aéreas, que se extendía hasta las colonias del Imperio Británico en Oriente y que igualmente conectaban las costas este y oeste de los Estados Unidos.

A pesar de ello, antes de la Segunda Guerra Mundial, volar siguió siendo una forma de viaje secundaria. Los servicios eran irregulares y los aviones volaban por contacto visual; es decir, manteniendo el suelo siempre a la vista, por lo que dependían de la existencia de buenas condiciones meteorológicas. La Segunda Guerra Mundial mejoró los servicios meteorológicos, amplió las comunicaciones por radio, el radar, el número de aeropuertos y, en especial, el motor a reacción. Las décadas de 1950 y 1960 marcaron el momento decisivo para las líneas comerciales.

La mayor ventaja del avión es la velocidad. Todo tipo de mercancías valiosas que haya que transportar deprisa son cargas aéreas potenciales, desde «chips» electrónicos a elefantes de circo. La mayoría de la gente tiène naturalmente más relación con los aviones de pasajeros (regulares o «chárter»), aunque para una línea aérea el pasajero es poco más que un envío de mercancías excepcionalmente exigente.

Hay dos tipos de rutas aéreas, unas que conectan las grandes ciudades y que sobrevuelan los océanos, y las otras formadas por líneas secundarias. En cada una se emplean diferentes tipos de aviones, y en las líneas secundarias cortas los aparatos de hélices siguen siendo una alternativa competitiva. La aviación comercial no ha seguido la tendencia militar hacia velocidades cada vez mayores. Las velocidades de crucero de 850-900 km/h son las más económicas, y el Concorde anglofrancés es el único avión supersónico de pasajeros actualmente en servicio. Los sistemas modernos de navegación son electrónicos, incorporando aerofaros y material similar. Los aviones transoceánicos emplean la navegación inercial con un complejo sistema de giróscopos, acelerómetros y ordenadores.

Los aeropuertos también han cambiado, transformándose de idílicos campos verdes en enormes centros industriales. A comienzos de la década de 1980, el aeropuerto de más tráfico del mundo era el O'Hare de Chicago, con una media diaria de 2.000 llegadas y salidas y más de 120.000 pasajeros. El de Heathrow, en Londres, era el mayor de Europa con más de 1.000 llegadas y salidas al día.

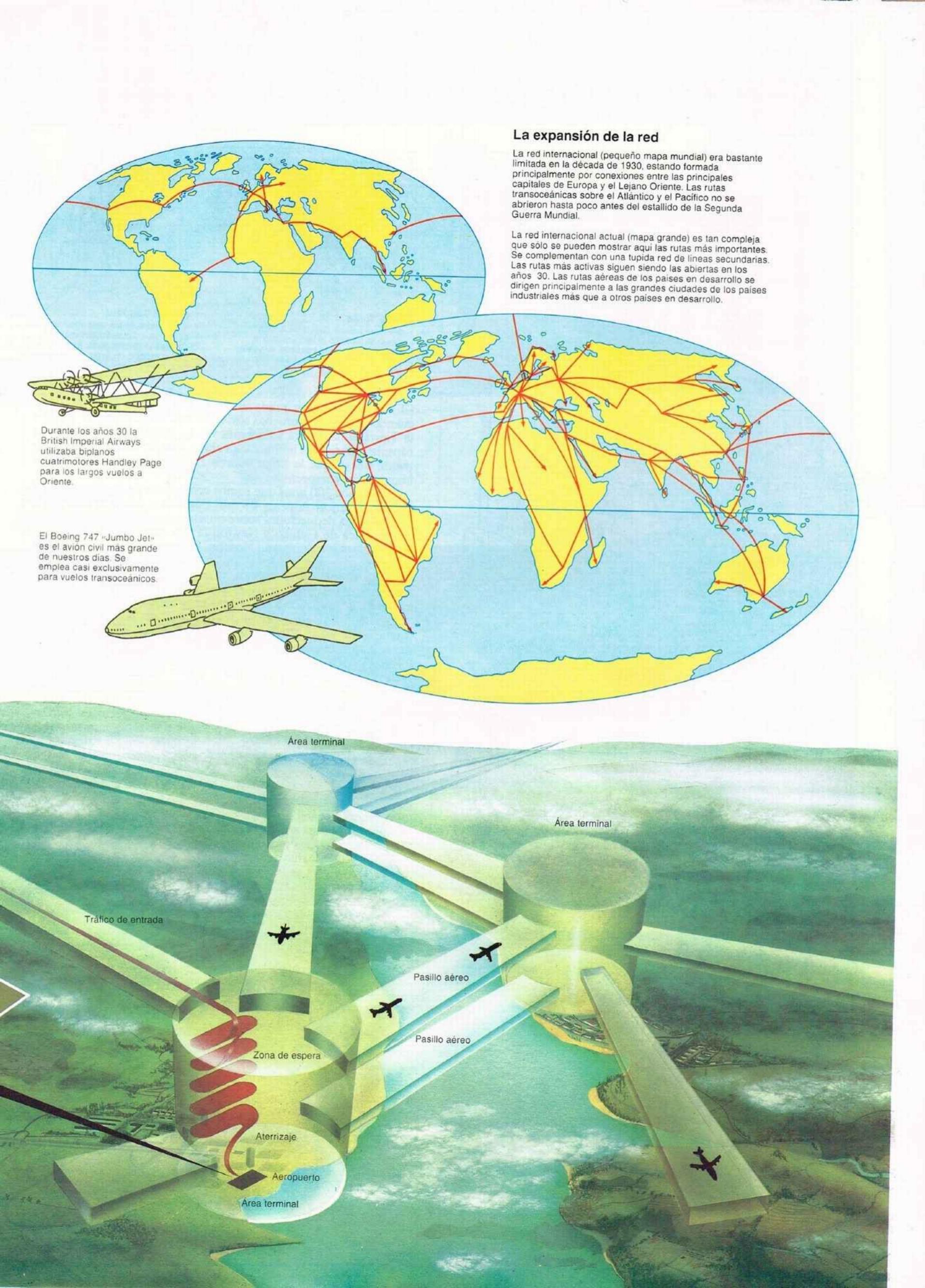


### Servicios de tierra

Una vez en tierra, el avión es rodeado por servicios técnicos y administración. vehículos de servicio: tractores de remolque, camiones cisternas, coches de bomberos y diversos vehículos de mantenimiento técnico y hosteleria. Es necesario efectuar todas estas operaciones con rapidez: cuesta mucho Hangar dejar un avión parado. Terminal de pasajeros Aparcamiento Servicios tecnicos Area de rodamiento uces de pista Pista principal El aeropuerto es una industria importante de grandes dimensiones y con amplios recursos técnicos.

### Pasillos aéreos y aeropuertos

El tráfico aéreo está regulado meticulosamente. Todo aeropuerto (derecha) está rodeado de una zona aérea de aproximación estrechamente vigilada, en la que se sitúan los aviones a diferentes alturas mientras esperan su turno para aterrizar. Estas áreas a su vez están conectadas por pasillos aereos, en los que los aviones vuelan a diferentes alturas y en diferentes direcciones. Todo el tráfico es observado en el radar y controlado por radio desde las torres de control de tráfico. Un aeropuerto (abajo) tiene varios kilómetros de pistas con balizas y sistemas de aterrizaje por instrumentos, y pistas de rodamiento para que los aparatos que se mueven en tierra no interfieran con los despegues o aterrizajes. Los aviones se agrupan en las areas de estacionamiento, en torno a las cuales se encuentran los edificios de control de vuelo, de pasajeros y carga,



# A la conquista del espacio

### Observando el espacio



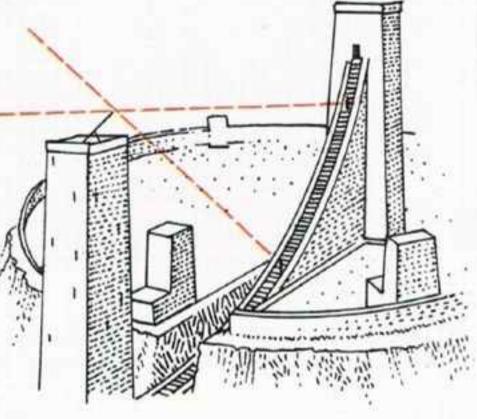
Desde tiempos inmemoriales las estrellas le han servido al hombre como reloj y puntos de referencia. La mayoria de los pueblos primitivos tienen un conocimiento práctico del tiempo astronómico y de la navegación celeste superior al del moderno ciudadano urbano medio.

Antes de la invención del telescopio los instrumentos astronómicos tenian que ser muy grandes para lograr la suficiente precisión.

A veces tales instrumentos constituían edificios enteros (derecha).

Galileo construyó el primer telescopio (aunque la idea era holandesa) e inmediatamente lo dirigió hacia las estrellas. Esto provocó una revolución cientifica; el hombre podia ver ahora más allá en el espacio y distinguir los planetas como cuerpos celestes y no como simples puntos de luz. Galileo descubrió las lunas de Júpiter y los anillos de Saturno.

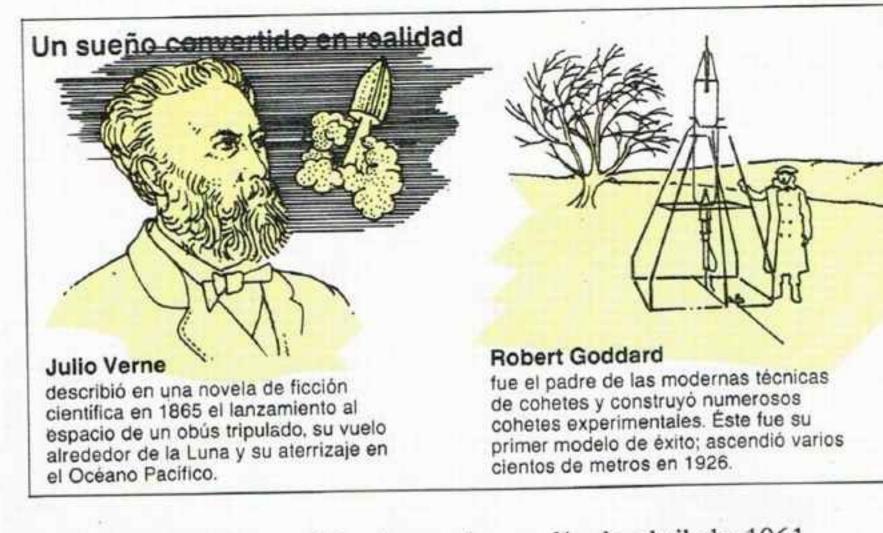
Toda radiación contiene información sobre su fuente. Los astrónomos modernos utilizan radiotelescopios (abajo) y registran imágenes por medio de los rayos ultravioletas e infrarrojos y de los rayos X.



Cuadrante para determinar la posición de las estrellas, en el observatorio de Ulugh Begh en Samarcanda, construido hacia el año 1440.





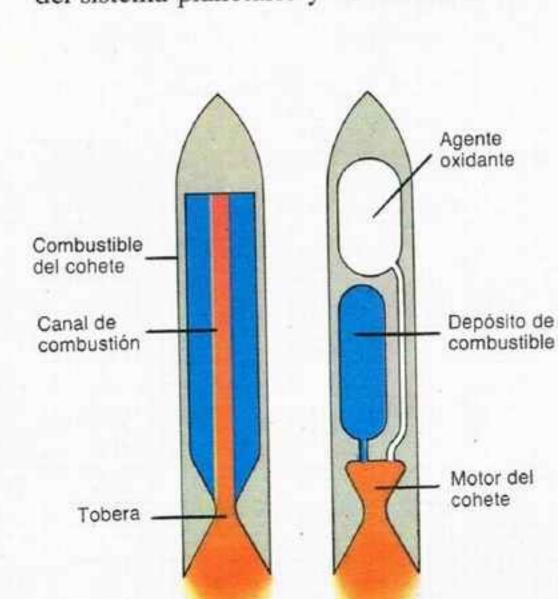


El hombre inició su salida al espacio un día de abril de 1961, cuando el piloto de pruebas soviético Yuri Gagarin dio la vuelta a la Tierra en una hora y cuarenta y ocho minutos a bordo de una cápsula espacial. El hombre está ahora camino de un medio totalmente nuevo que le exige nuevos avances, pero que también le abre nuevas perspectivas.

Sólo hace 300 años que somos conscientes de la existencia del espacio exterior. A pesar de que Copérnico, hacia el año 1500, hizo algunas deducciones sobre nuestro sistema planetario, fue la nueva física de Galileo y Newton la que sustituyó los conceptos medievales del universo. Newton hubiera podido comprender cómo un cohete puede seguir funcionando en el vacío del espacio. Arrojando gases de combustión hacia atrás a alta velocidad se aumenta el impulso hacia adelante de acuerdo con las leyes del movimiento que el mismo Newton formuló. Él también hubiera entendido los satélites artificiales de nuestros días. Al igual que la Luna, cuya órbita Newton fue el primero en calcular, estos satélites son atraídos constantemente hacia la Tierra. Pero su velocidad orbital es tan elevada (3-8 km/seg) que su trayectoria se mantiene paralela a la superficie de la Tierra. Consecuentemente, los satélites no se estrellan contra el suelo, sino que siguen girando en órbita durante años.

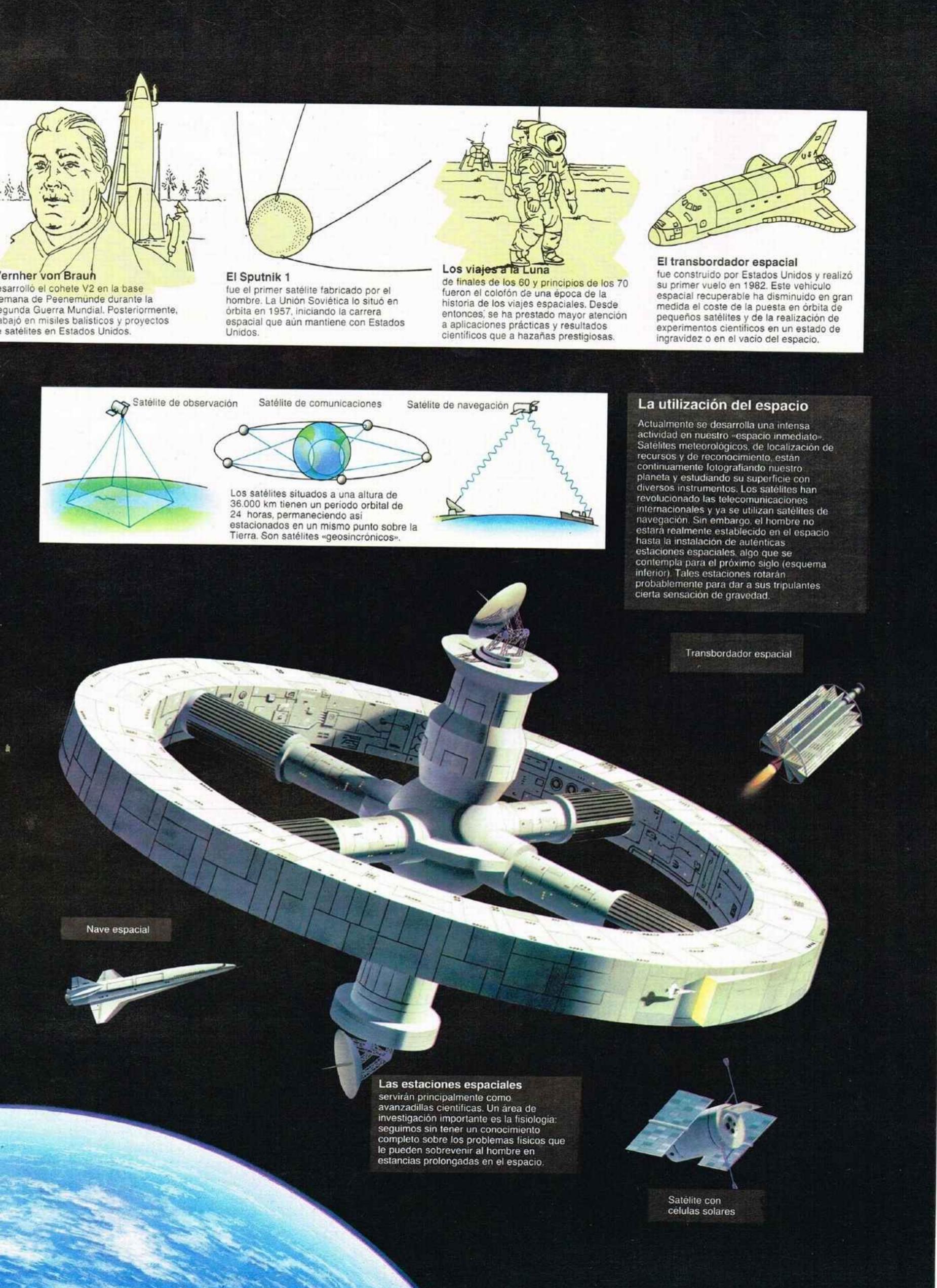
Viajar y sobrevivir en el espacio requiere recursos técnicos avanzados. Los seres humanos necesitan oxígeno para respirar y protección contra las radiaciones y las temperaturas extremas. La falta de gravedad prolongada puede provocar confusión mental, el deterioro de la composición de la sangre y la descalcificación de los huesos. Para mantener al hombre vivo en el espacio es necesario llevar a cabo investigaciones fundamentales y desarrollar una nueva tecnología para el mantenimiento de la vida. Si el hombre no busca sólo sobrevivir, sino también trabajar en el espacio los requisitos tecnológicos serán aún mayores.

Actualmente, hay unos 300 satélites activos girando alrededor de la Tierra y ya se están elaborando proyectos de estaciones espaciales permanentes. La exploración y la investigación espaciales darán nuevas dimensiones a nuestra civilización. Nos aguardan nuevos conocimientos sobre los orígenes, historia y destino último del sistema planetario y del universo.

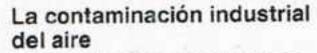


### Combustibles sólido

y líquido El cohete de combustible sólido (izquierda) es una versión refinada del popular conete de los fuegos artificiales. El combustible, generalmente caucho sintético mezclado con un agente oxidante, tiene un canal de combustión en el medio v expulsa los gases por una tobera. El cohete de combustible liquido (derecha) tiene depósitos separados para el combustible y el agente oxidante. Un vehículo que disponga de un motor de este tipo puede ser reabastecido de combustible y volverse a utilizar, mientras que el cohete de propulsor sólido sólo se puede utilizar normalmente una vez.



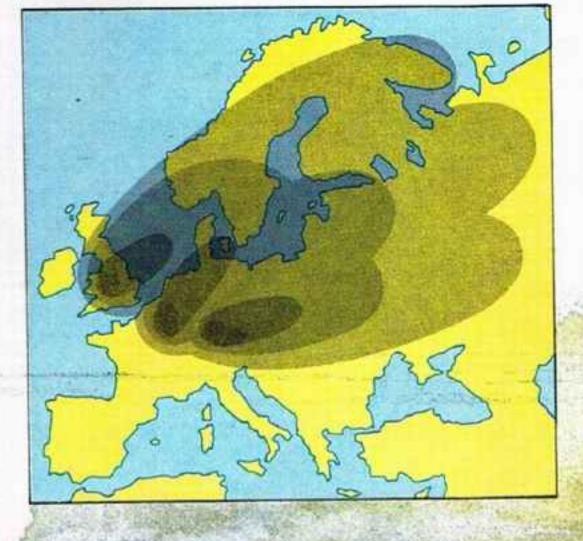
# El hombre y la atmósfera

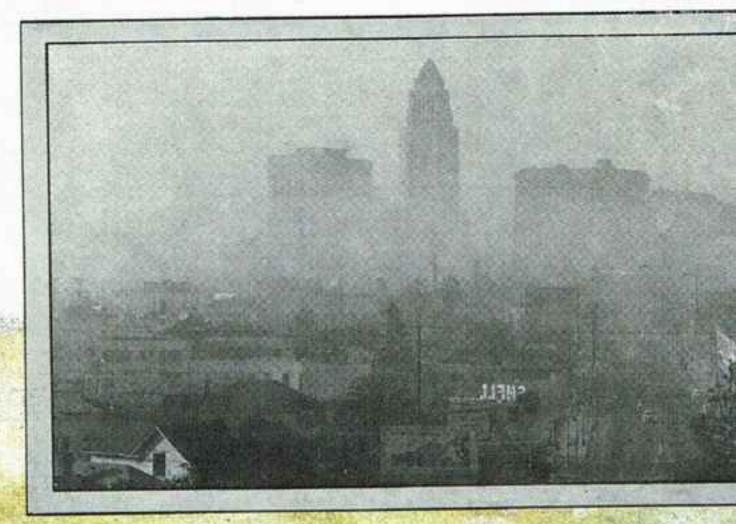


Las grandes concentraciones de industrias pesadas pueden producir una grave contaminación. Desde las chimeneas de las regiones industriales, como los Midlands británicos, el Ruhr y la Sajonia-Bohemia, la contaminación se extiende hacia èl norte y el este con los vientos dominantes.

### Contaminación a larga distancia

La contaminación procedente de una zona de industria pesada sigue el mismo esquema de distribución que la lluvia radiactiva de una exptosión nuclear. Las particulas más pesadas (hollin, ceniza) descienden cerca de la chimenea. En un área eliptica a sotavento de la fuente, la contaminación es intensa. A mayores distancias parte del material se eleva y se diluye, aunque puede regresar a tierrá con la lluvia.





Donde el terreno y las inversiones térmicas impiden la

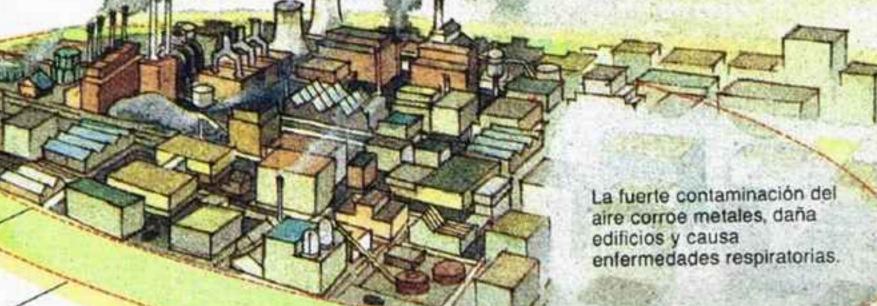
hidrocarburos y los óxidos nitricos en un «smog» (niebla

donde este tipo de «smog» se da con frecuencia.

dispersion del contaminante, la luz solar puede convertir los

sucia) picante y amarillento. La fotografía es de Los Ángeles,

Contaminación local



Limite de contaminación gaseosa a ras del suelo

Limite de la lluvia

de particulas

Cuando Carl von Linné visitó la mina de cobre de Falun, en el centro de Suecia, a principios de 1734, observó la contaminación del aire con interés y preocupación. El humo sulfuroso se cernía sobre la pequeña población y sus habitantes que no cesaban de toser. Sin embargo, no tenían que ir muy lejos para encontrar aire fresco, pues la contaminación era local.

La industria moderna no está situada en comunidades mineras alejadas, sino dentro de las grandes ciudades. Consecuentemente, el número de personas afectadas por la contaminación del aire es cada vez mayor. El aumento de los escapes de humos y venenos aerotransportados es más de lo que puede soportar el sistema de circulación de la atmósfera, y la capacidad de la vegetación para purificar el aire disminuye a medida que las plantas se envenenan.

La contaminación del aire se produce principalmente por la combustión de petróleo y carbón. Al arder estas sustancias liberan metales pesados que llevan cientos de años fijados a la corteza de la Tierra. El problema más grave es el del azufre. Es lanzado a la atmósfera como dióxido de azufre (SO2), aunque en contacto con el agua se convierte en ácido sulfuroso (H2SO3) y finalmente en ácido sulfúrico (H2SO4). Este ácido corroe la maquinaria y los componentes metálicos y daña la piedra de los edificios, siendo un buen ejemplo la Acrópolis de Atenas. Sin embargo, las enfermedades respiratorias y pulmonares que engendra en millones de personas constituye un problema más grave.

Durante muchos años la gente se negaba a aceptar que este problema se extendiera más allá de los centros industriales. Pero el viento puede transportar los ácidos a grandes distancias, desde el Ruhr a Escandinavia y desde Estados Unidos a Canadá, antes de caer en lluvia ácida. Tanto en Escandinavia como en Canadá, la roca madre tiene bajo contenido de cal y el suelo carece de una reserva alcalina protectora que neutralice el ácido. Los daños se perciben rápidamente. Se altera el crecimiento de los bosques y los árboles debilitados se vuelven vulnerables a enfermedades y a los ataques de los parásitos. Actualmente, los bosques de Europa central están empezando a morir según se van agotando las reservas alcalinas de la roca madre. En lagos y arroyos cesa toda la vida cuando el valor pH cae por debajo de 4. Muchos lagos de Escandinavia han perdido ya toda vida orgánica.

Dos problemas a largo plazo preocupan a los científicos. Uno atañe a la capa de ozono de la atmósfera, oxígeno triatómico, que absorbe la mayor parte de las radiaciones ultravioletas del Sol. Si esta capa desaparece o se deteriora, la vegetación de la Tierra sufrirá graves daños. Uno de los resultados de una guerra nuclear sería la destrucción de la capa de ozono. Los escapes a la estratosfera del gas freón procedente de los aerosoles y de los acondicionadores de aire y de los tubos de escape de los aviones a reacción, pueden también dañar la capa protectora.

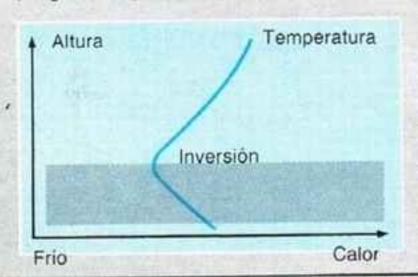
Limite de la Iluvia ácida

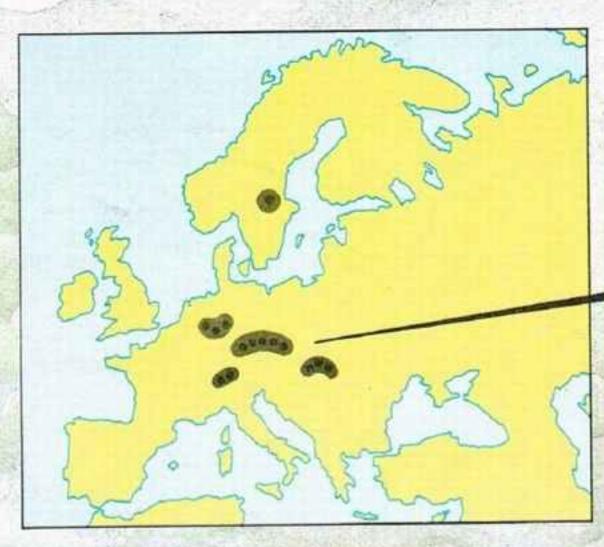
El segundo problema lo causa el dióxido de carbono. Si la combustión del petróleo y del carbón aumenta el contenido de dióxido de carbono de la atmósfera, la presencia de este gas podría disminuir las irradiaciones de calor de la Tierra al espacio. Esta alteración del equilibrio de radiaciones del planeta tendría graves efectos, aún desconocidos, sobre el clima. En este siglo ha aumentado el volumen de dióxido de carbono de la atmósfera, aunque no está probado que la temperatura media de la Tierra haya también aumentado. La destrucción de los bosques emite también a la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono procedente de la biomasa quemada y descompuesta, lo cual supone una amenaza a nuestras reservas de oxígeno.

Estos problemas no son insuperables. La industria puede adoptar procesos más limpios. El problema de los escapes de coches puede solucionarse con mejores aparatos purificadores y otros tipos de motores y combustibles. Se puede detener la despiadada despoblación forestal. Unas medidas rápidas y la colaboración entre países pueden asegurar la existencia de un aire limpio para la respiración de las futuras generaciones.

### Inversión térmica

En algunos casos la atmósfera se estratifica de tal manera que la temperatura a cierta altura aumenta en lugar de disminuir. Esta inversión térmica mantiene la contaminación como si estuviera bajo una tapadera, y puede alcanzar un nivel de concentración peligroso en poco tiempo.





### La contaminación del aire en el pasado

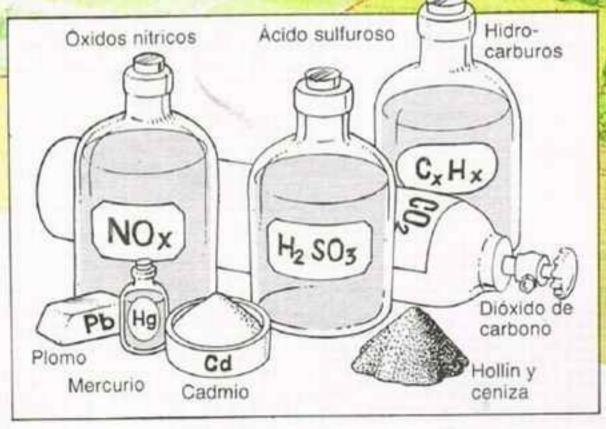
En el siglo XVI antes de la industrialización, ya había contaminación en el aire. Se daba principalmente en los distritos mineros donde se procesaban las menas de azufre (mapa). Sin embargo, era a una escala tan reducida que la contaminación se limitaba a zonas muy pequeñas.



### La metalurgia en el siglo XVI

era primitiva. Los hornos eran poco eficaces y las menas de azufre se solian procesar con frecuencia en hogares abiertos que despedian gran cantidad de humo. La liberación del dióxido de azufre destruía en muchos casos la vegetación de la zona circundante.

Las sustancias tóxicas del aire pueden penetrar en las plantas alimenticias, alcanzando niveles peligrosos. El crecimiento de las plantas puede verse también gravemente alterado.



### El aire que respiramos

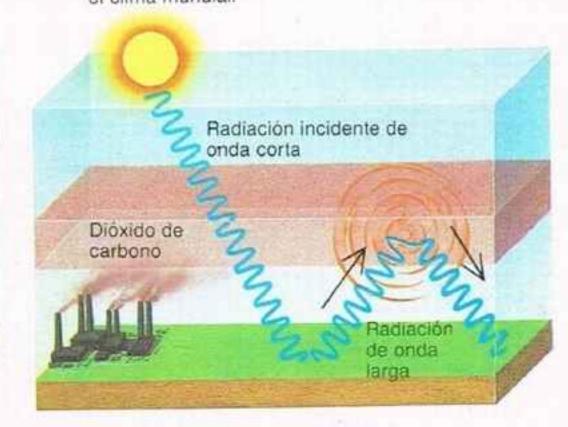
contiene a menudo sustancias extrañas (arriba, algunos ejemplos) procedentes de diversas fuentes, como la industria, los escapes de los vehículos, las calefacciones y la quema de residuos.

### Amenazas a largo plazo

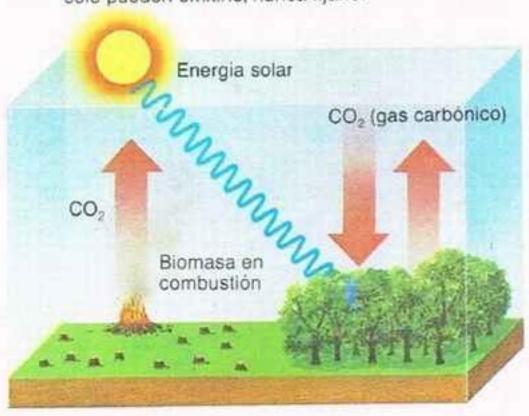
Las explosiones nucleares y los reactores de vuelo a gran altura pueden destruir la capa de ozono que nos protege de las peligrosas radiaciones ultravioletas del



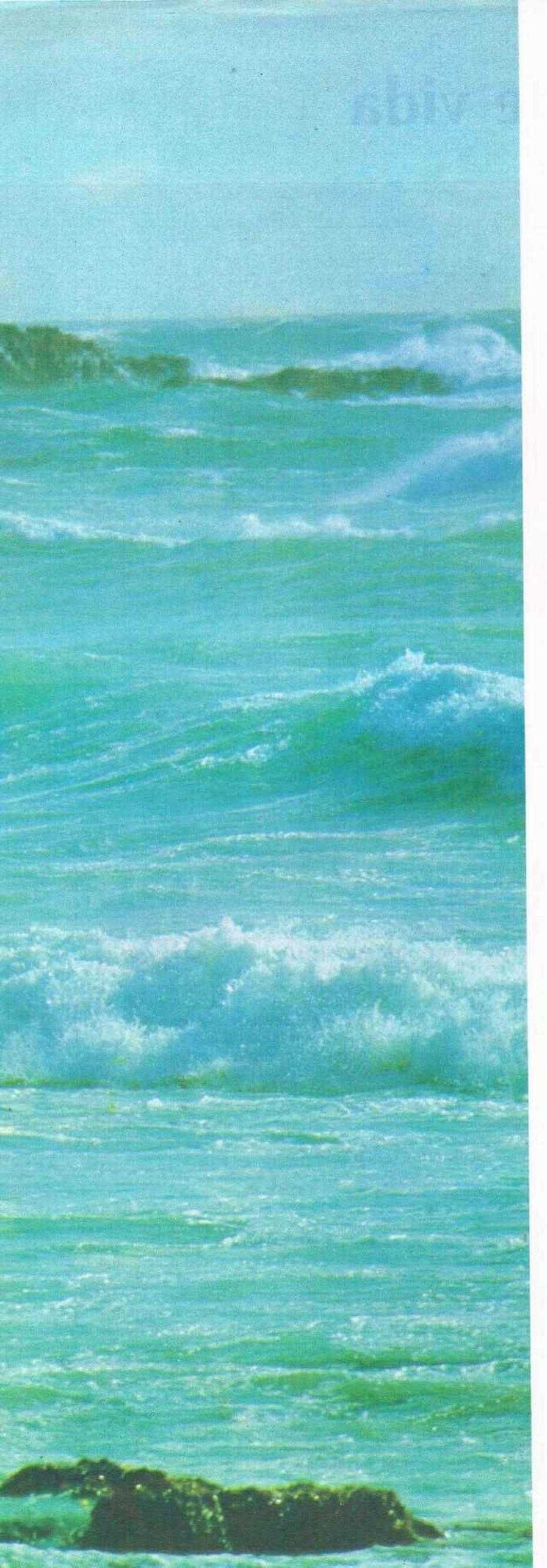
El dióxido de carbono procedente de la combustión del carbón y del petróleo puede obstaculizar la irradiación de calor al exterior (efecto invernadero) y modificar el clima mundial.

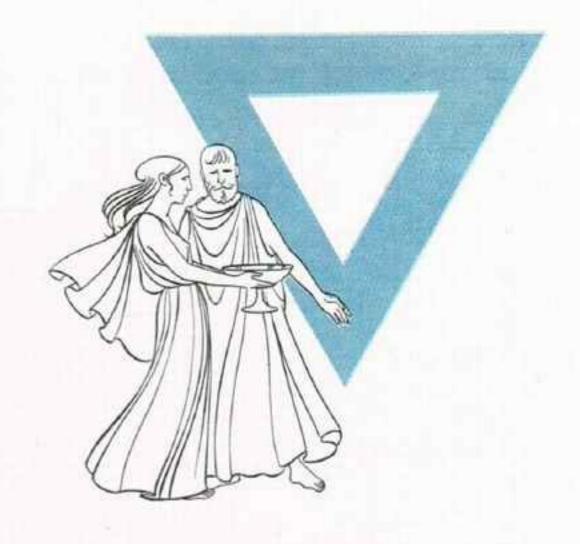


Los bosques fijan el dióxido de carbono mediante la fotosíntesis y lo expulsan por la respiración. Las áreas desforestadas sólo pueden emitirlo, nunca fijarlo.









# El agua

Los navegantes de la antigua Grecia creían que la Tierra era un disco plano rodeado de un gran mar exterior, Oceanus. El primer filósofo griego, Tales, que vivió en torno al año 600 a. de C., creía que el agua era el origen del mundo.

Cuando los químicos del siglo xvIII demostraron que era un compuesto de hidrógeno y oxígeno, el agua perdió su condición de elemento primario. Pero nada más sufrir tal revés, la nueva ciencia de la fisiología descubrió su importancia fundamental en los procesos vitales, como disolvente de los compuestos de carbono que constituyen las sustancias químicas base de la vida. En la actualidad, los científicos creen que la vida surgió en el agua, probablemente en una cuenca protegida de agua de marea en las costas del mar primigenio.

El agua ha influido siempre en el desarrollo cultural de la humanidad. El hombre primitivo huía de los desiertos áridos y de las junglas impenetrables. Las primeras civilizaciones avanzadas surgieron donde los grandes ríos, el Eúfrates y el Tigris, el Nilo, el Indo y el Amarillo, le permitían al hombre regar sus campos. Más adelante, el hombre puso velas a sus embarcaciones todavía primitivas y recorrió los océanos.

Hoy día la existencia de agua sigue siendo un factor vital de nuestras vidas. En las regiones agostadas del Próximo Oriente y del suroeste de Estados Unidos, la falta de agua se ha convertido en una amenaza para el futuro, aunque también en Europa central la escasez de agua está resultando un obstáculo creciente para la expansión de ciudades e industrias.

Nuestro constante interés por el agua ha dado como resultado la aparición de todo un grupo de «ciencias del agua». La meteorología es una de ellas, al estar intimamente relacionada con el ciclo del agua. La hidrología comprende el estudio de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas, y la limnología es la ciencia de la biología del agua dulce. Sin embargo, las más fascinantes para el gran público son la oceanografía y la biología marina. Hasta el siglo pasado no se exploraron las profundidades del océano, ni se estudiaron y clasificaron sus organismos. En nuestra época, hemos descendido a las mayores profundidades del mar y hemos encontrado vida. Todo esto nos ha hecho comprender la importancia del agua y la locura de contaminarla. La amenaza de extinción de algunas especies acuáticas nos obliga a tomar medidas internacionales para salvarlas.

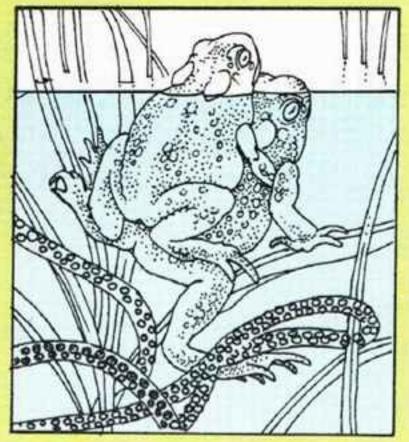
# El agua, fuente de vida

#### La reproducción dentro y fuera del agua



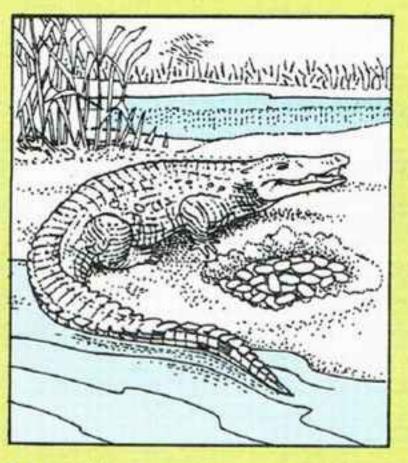
#### Los peces

tienen fertilización externa: el macho y la hembra vacían simultáneamente en el agua la lechaza y los huevos. Se mezclan y se unen el espermatozoide y el óvulo. El óvulo madura muy rápidamente y los alevines surgen en una fase temprana de desarrollo.



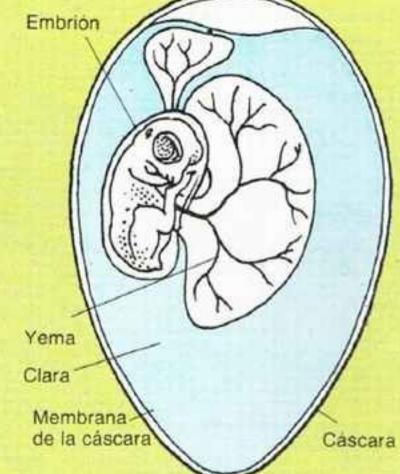
#### Los anfibios

han dado el primer paso a tierra, aunque el sistema reproductor sigue siendo el de los peces. Sin embargo, la posición de apareamiento en la que el macho se une a la hembra es un paso hacia la cópula y la fertilización interna.



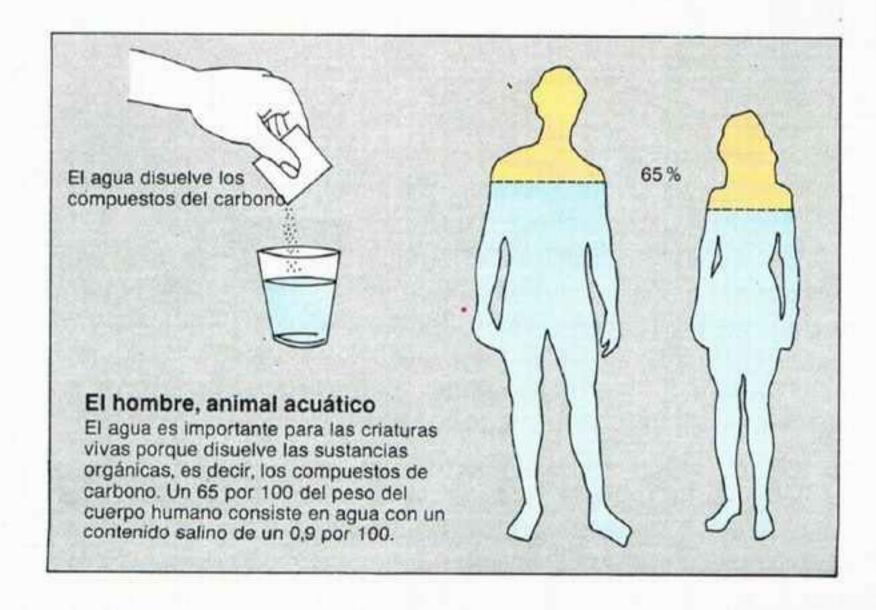
#### Los reptiles

presentan dos innovaciones. La cópula hace que sea posible la fertilización fuera del agua. La cáscara protectora de los huevos supone que éstos pueden depositarse en tierra y el embrión se puede desarrollar a mayor temperatura de lo que seria posible en el agua.



#### El huevo de las aves

tiene una cáscara rigida con una membrana que recubre el interior. El feto de los mamíferos (derecha) se desarrolla de forma similar al embrión de las aves, aunque en aquéllos el desarrollo tiene lugar en el útero.



El agua es un compuesto simple de hidrógeno y oxígeno. Un químico que se tropezara con esta sustancia por primera vez se referiría a ella como óxido dihidrogenado. No obstante, tal término carecería de las agradables connotaciones que nos da la palabra «agua»: el líquido claro y puro que apaga la sed, nos refresca, nos limpia, mantiene el verdor de los bosques y los dorados trigales. El agua ha engendrado todas estas asociaciones por ser verdaderamente fuente de vida.

¿Cuáles son las características exclusivas que hacen del agua un elemento tan importante para todos los seres vivos?

#### Propiedades físicas

La temperatura media de la superficie de la Tierra es de aproximadamente +2°C y la temperatura del aire se suele mantener dentro de los 40°C por encima y por debajo. El punto de congelación del agua está, por tanto, justo por debajo de la temperatura media de la Tierra, mientras que el punto de ebullición está 98° por encima. Esto significa que el agua puede existir en forma líquida durante una gran parte del año en la mayor parte de la superficie terrestre, mientras que por otro lado, no hace tanto calor en ninguna parte para que el agua se gasifique, estado que sería incompatible con la vida. En nuestro planeta el agua existe en sus tres estados físicos: hielo, agua y vapor y puede estar presente simultáneamente en la atmósfera, en la hidrosfera, en la corteza de la Tierra y en los organismos vivos, cumpliendo funciones vitales.

El agua tiene un calor específico alto; hace falta mucha energía para convertir en vapor un litro de agua. Este calor puede recorrer largas distancias como calor latente en la humedad atmosférica, y liberarse de nuevo como calor en el aire cuando la humedad se condensa en nubes, lluvia o nieve. De esta forma, el agua desempeña un papel importante en la nivelación de las diferencias de temperatura.

El agua y la vida

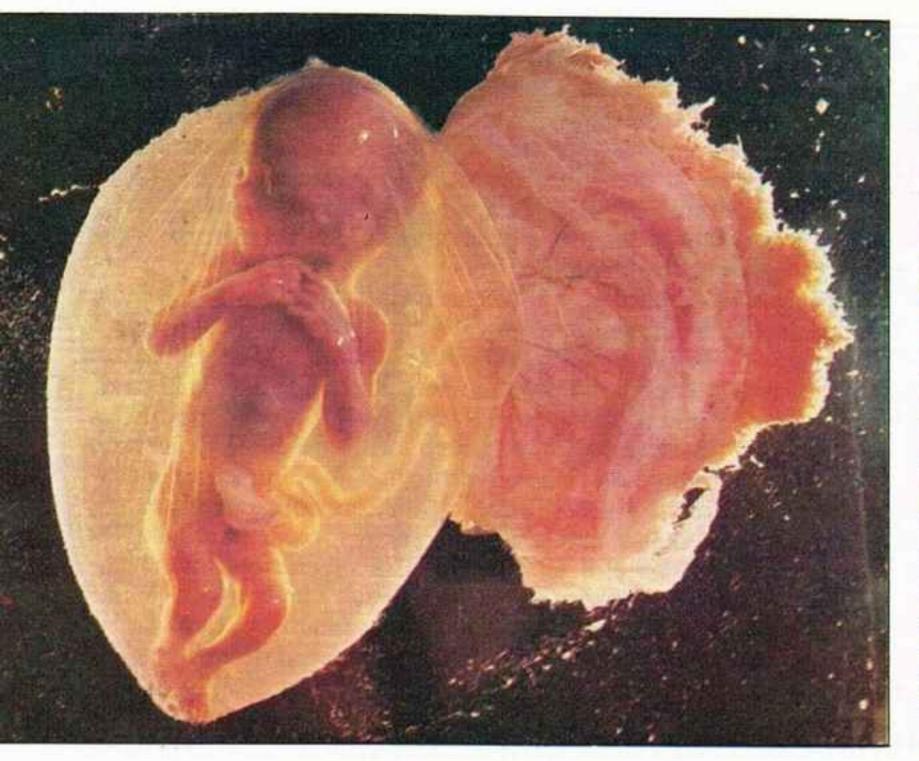
El agua es importante para los organismos vivos por ser un disolvente eficaz y fácilmente accesible de los compuestos de carbono. La mayoría de las reacciones bioquímicas sólo se pueden producir en soluciones de agua. Esto significa que el agua puede transportar sustancias disueltas entre diferentes partes del cuerpo, como por ejemplo en la sangre, cuyo suero tiene una base de agua. Las funciones del agua en el organismo tienen su equivalente fuera de él. El agua que bebemos y con que nos lavamos es un disolvente, aunque también sirve para eliminar nuestros desechos.

La vida se originó en el agua. Para los organismos acuáticos el medio líquido es muy parecido tanto fuera como dentro de la célula y del embrión. Sin embargo, en la tierra, la fertilización y el desarrollo del feto requieren mecanismos diferentes. Los huevos de los reptiles y de las aves son como diminutos estanques de agua dentro de una cáscara protectora que retiene el líquido al tiempo que admite el oxígeno. El feto de los mamíferos está suspendido en un mar interior de fluido que lo mantiene y lo protege. El agua es importante en todas las fases de desarrollo. Un adulto necesita entre 2,5 y 3 litros al día para sus procesos fisiológicos. Parte de este agua la obtenemos a través del alimento, el resto simplemente la bebemos.

El agua y la humanidad

Debido a su dependencia del agua, el hombre siempre ha intentado vivir cerca de ella, aunque no fuera más que un pozo de agua en el desierto. Inventaba rituales místicos de protección para la fuente de agua y reaccionaba con furia e incluso irracionalmente ante cualquier amenaza a sus reservas. En la Edad Media se justificaron algunas masacres de judíos porque se suponía que habían sido los causantes de la Peste Negra, envenenando los pozos. En los países industriales, la fuente del pueblo ha sido sustituida por tuberías que traen el agua a las casas y se llevan los residuos.

Casi todos nuestros problemas de agua proceden de la no separación de sus funciones principales; el agua sucia se mezcla con la pura. Las enfermedades transmitidas por el agua se extienden principalmente donde coinciden densas poblaciones y bajos niveles tecnológicos. Hoy día la mayoría de pueblos carecen de un abastecimiento adecuado de agua pura, a pesar de ser la necesidad más fundamental del hombre.





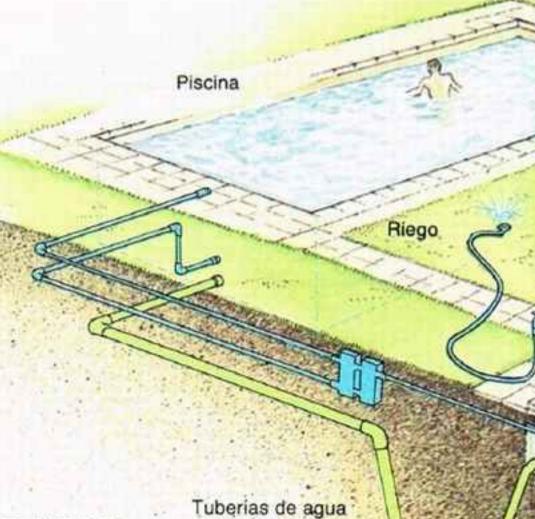
# El xilema eleva el agua Duramen Corte del tronco Corteza

#### Nuestra agua de cada día

Un ser humano adulto necesita unos tres litros de agua al día para sobrevivir, descontando el agua para usos domésticos. Las mujeres de las regiones rurales de los países pobres dedican una gran parte de su día laboral a acarrear agua de pozos y rios, agua que a menudo es insalubre.

#### El fluido vital

Las plantas vasculares (representadas por el árbol, arriba) fueron los primeros organismos que se adaptaron completamente a la vida en tierra. Un complejo sistema de transporte de fluidos eleva el agua desde las raíces del árbol hasta la copa que puede estar a 20-30 m del suelo. De esta forma, las células del tronco y hojas obtienen la humedad que necesitan. Es, no obstante, un sistema de via única: el árbol transpira por sus hojas tanta humedad como absorbe por las raíces.

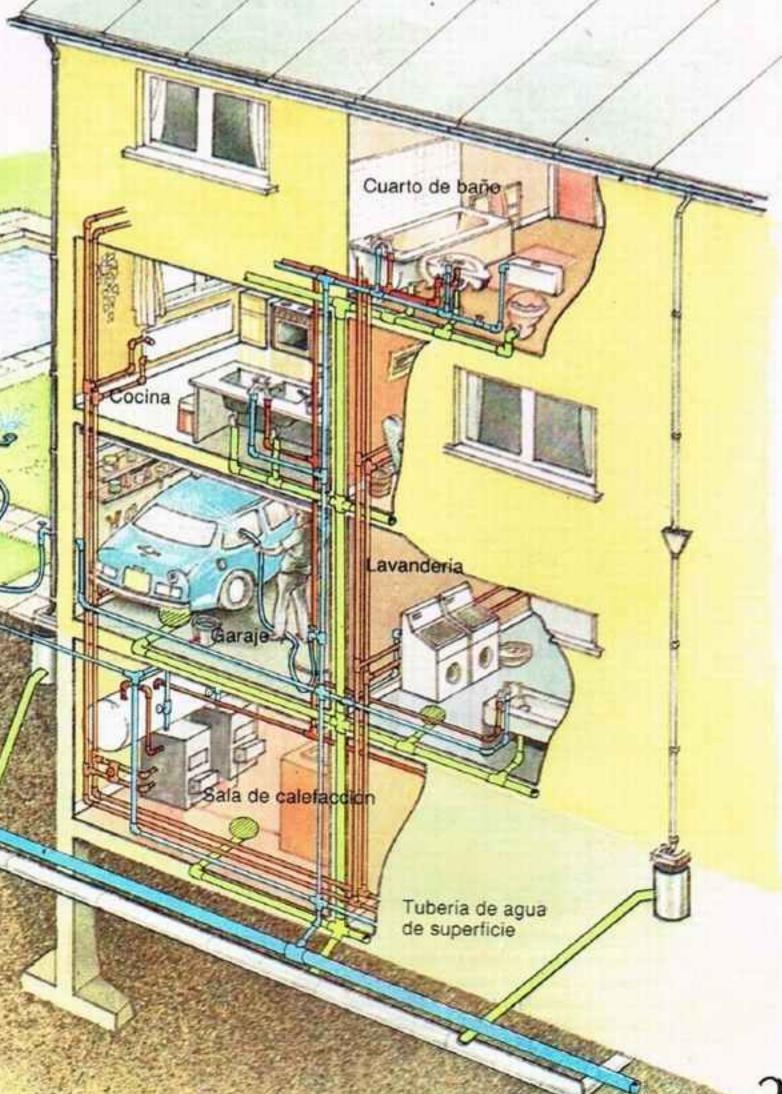


Desague principal

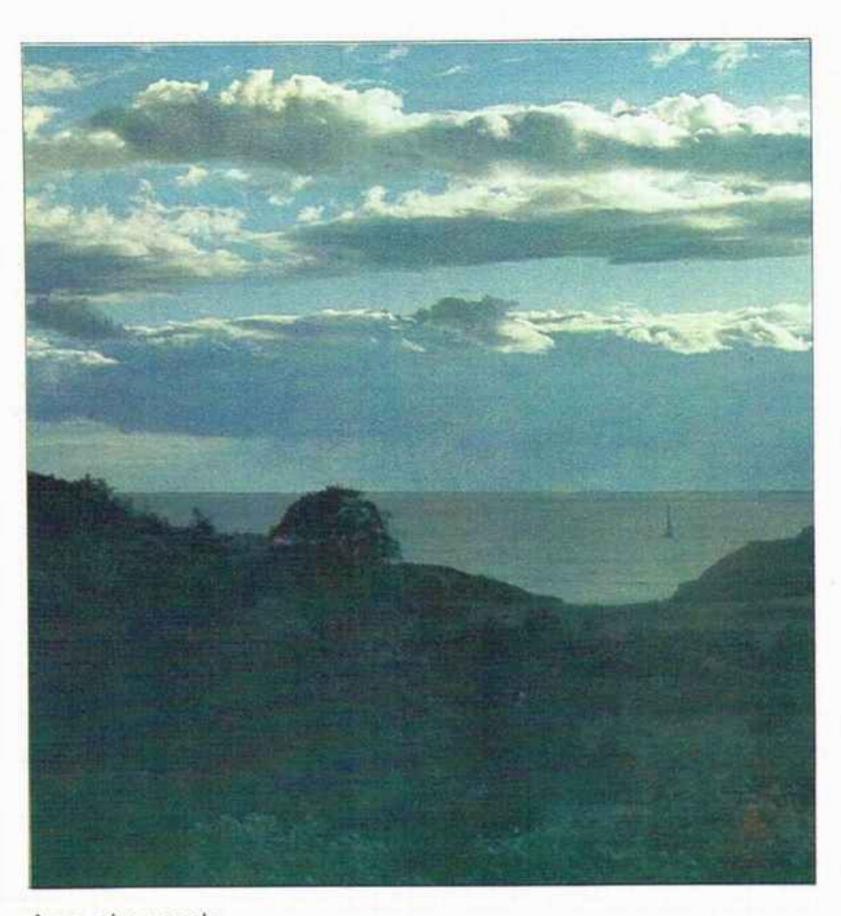
#### El consumo humano de agua

Aparte de las necesidades internas del cuerpo, el agua es esencial para el hombre de muchas otras formas. Se usa para limpieza y baño, para cocinar y beber, en los sistemas de calefacción central y, por último, para eliminar nuestros desechos. Un edificio moderno tiene sistemas separados para las diferentes funciones. En la ilustración, el agua corriente caliente y fria aparece en rojo y azul respectivamente, la del sistema de calefacción central en naranja y el sistema de desagüe en verde.

El consumo humano de agua ha aumentado enormemente en los cien últimos años. Las Naciones Unidas recomiendan 75 litros cada 24 horas por persona como limite mínimo para un nivel de agua aceptable, aunque los países industriales emplean 300-500 litros per cápita. La mayor parte no es consumo doméstico, sino industrial.



# El ciclo del agua



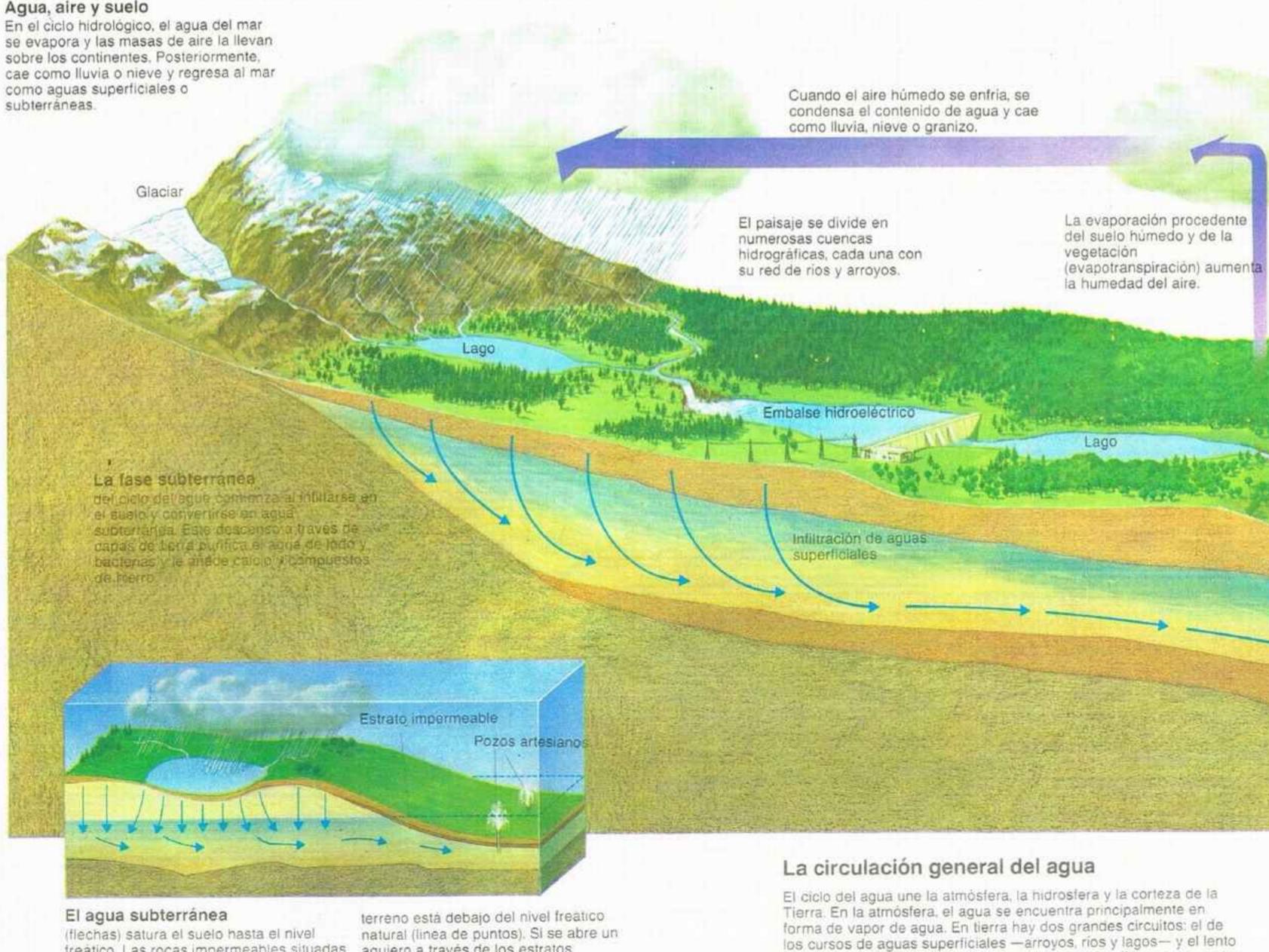
De acuerdo con nuestros conocimientos actuales, la Tierra es el único lugar del sistema solar en el que hay agua en sus tres formas: gaseosa (vapor de agua), líquida y sólida (hielo). En puntos más próximos o más alejados del Sol las temperaturas son o muy calurosas o demasiado frías para que exista agua en forma líquida. Ahora se cree que las aguas de la Tierra no formaban parte de la atmósfera primigenia, sino que fueron expulsadas del interior del planeta cuando la desintegración de los materiales radiactivos calentó los minerales fríos.

El agua es esencial para todas las formas de vida y su ausencia es un factor limitador para muchos tipos de vegetación. En el curso de un día de verano, un abedul consume 200-300 litros de agua, y muchos árboles tropicales necesitan aún más. La humedad regresa a la atmósfera por la transpiración de las superficies de las hojas. Al mismo tiempo, la vegetación desempeña también un papel importante en el ciclo hidrológico, disminuyendo la evaporación del suelo y protegiéndolo de la erosión. Las raíces superficiales y la densa vegetación del suelo forman innumerables barreras que frenan el agua corriente. La vegetación muerta absorbe humedad como si fuera papel secante. Una cubierta continua de vida vegetal, sobre todo bosque, equilibra el flujo de las aguas superficiales y con ello la cantidad de agua de ríos y lagos, contribuyendo también a aumentar la infiltración de agua al subsuelo.

La mayor parte del agua de la Tierra es salada. Se cree que la sal procede de la meteorización de las rocas continentales. El

movimiento de las aguas subterraneas por los acuíferos, los estratos

portadores de agua. Ambos circuitos suelen desembocar en el mar.



agujero a través de los estratos

formando pozos artesianos.

impermeables, el agua sale a presión.

freatico. Las rocas impermeables situadas

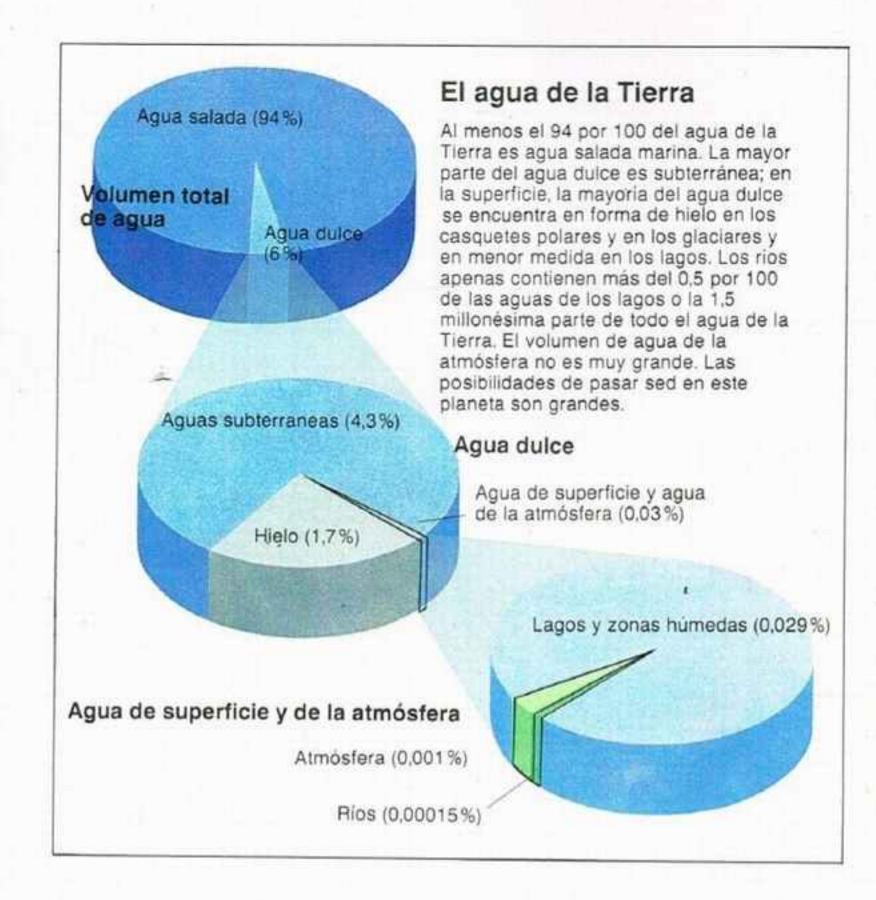
sobre los estratos portadores de agua

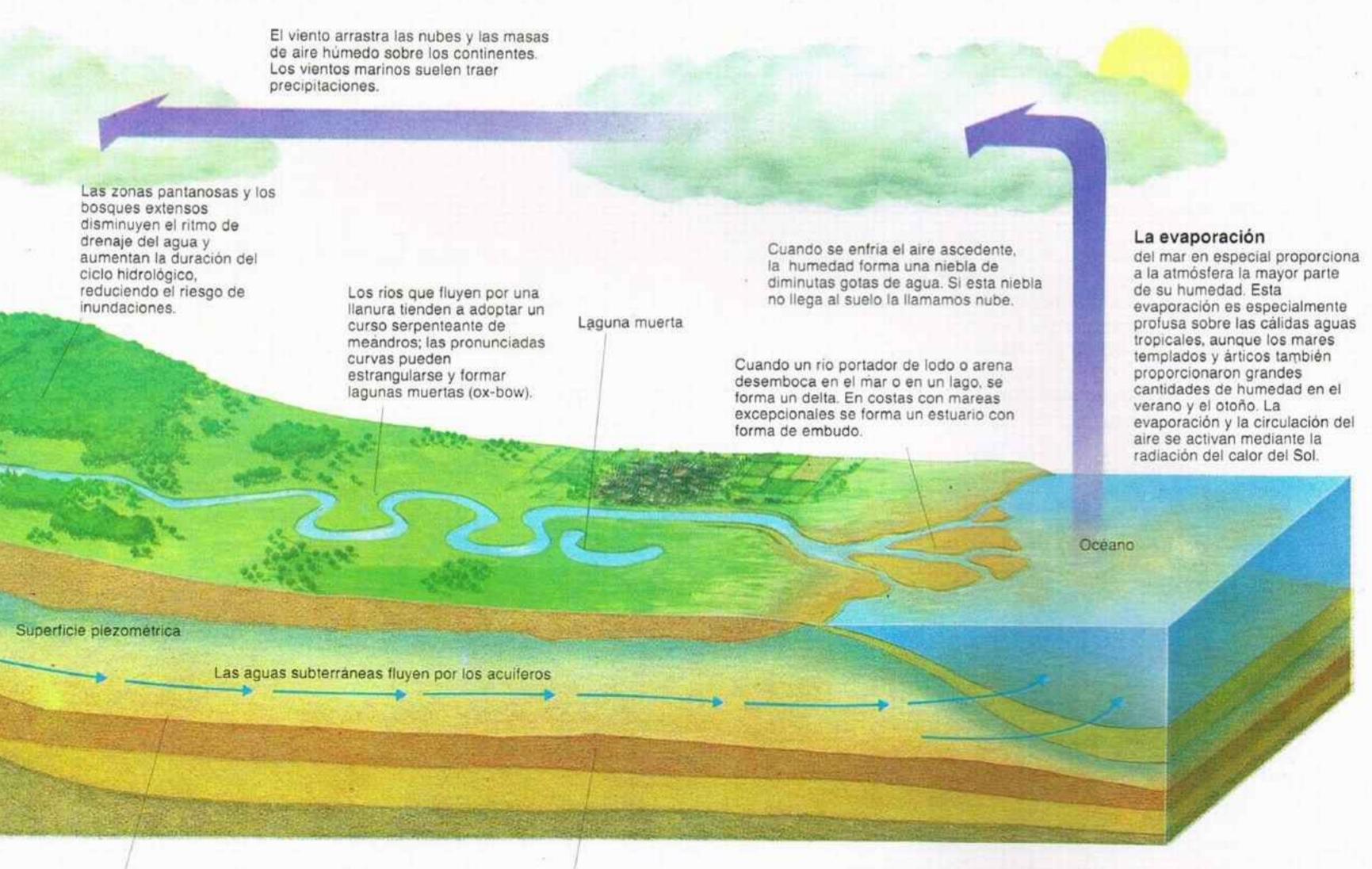
crean presión cuando la superficie del

agua dulce puede ser igualmente inservible para plantas y animales por un contenido excesivo de lodo y otras impurezas. Consecuentemente, el agua pura puede ser una materia prima muy valiosa. Durante la mayor parte del año no llega ni una sola gota del río Colorado al Océano Pacífico. Se aprovecha toda para regadíos y usos industriales, siendo distribuida mediante un sistema de derechos de agua que da trabajo permanente a los abogados.

Los depósitos de aluvión de los ríos crearon fértiles llanuras en las que surgieron las primeras civilizaciones: en Mesopotamia y Egipto, a lo largo del Indo y en China. El Amarillo, que en su cuenca alta atraviesa terreno de loess, mueve un 10 por 100 de todo el limo de aluvión del mundo y su corriente parece más lodo líquido que agua. En la cuenca baja, este limo se deposita en el lecho del río, elevándolo. Esto ha hecho que se desbordara el Amarillo en varias ocasiones, produciendo inundaciones devastadoras. El limo que no se deposita y llega a la costa ha dado el nombre al Mar Amarillo.

Casi toda el agua dulce es agua subterránea y la mayor parte del movimiento total de agua dulce desde los puntos de captura de lluvia al mar se da probablemente bajo tierra. El ciclo normal del agua subterránea puede calcularse en años o como mucho en unos pocos siglos. Sin embargo, debajo del Sahara hay una capa de agua «fósil», que se encuentra allí desde las lluvias de la última glaciación y que lleva decenas de miles de años dirigiéndose hacia el mar. El hombre ha descubierto la presencia de esta enorme reserva de agua y ha empezado a aprovecharla muy recientemente.





#### Acuiferos

La mayor parte del agua dulce de nuestro planeta se encuentra en los estratos subterráneos saturados por el agua que fluye lentamente por ellos. Arenas, gravas y areniscas porosas y limos pueden contener grandes cantidades de agua.

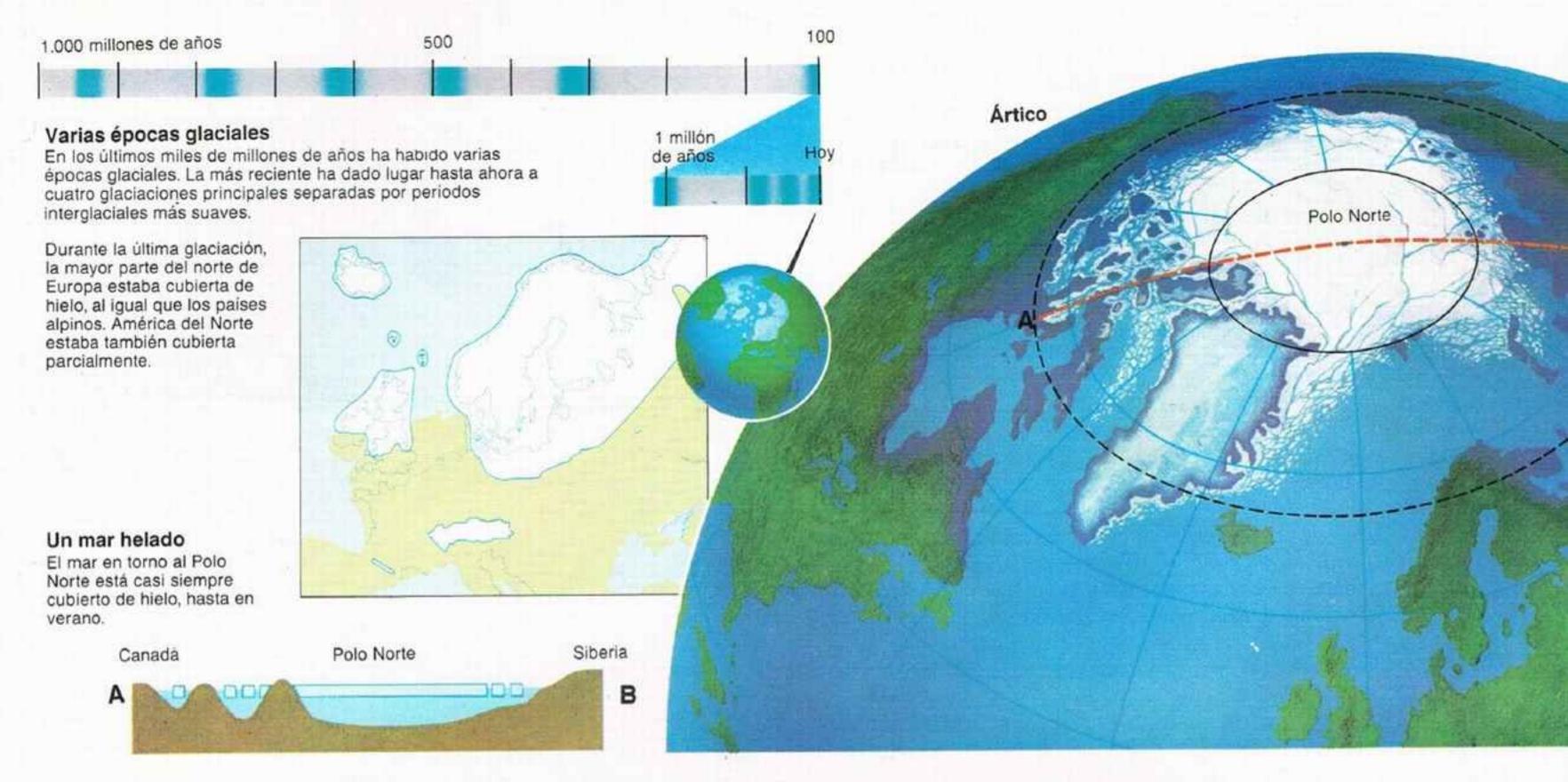
#### Estratos impermeables

Ciertas arcillas pueden impedir que el agua subterránea llegue a niveles inferiores o a la superficie si las capas de arcilla se encuentran sobre el nivel freático.

#### El ciclo se cierra

Tanto las aguas superficiales como las aguas subterráneas suelen regresar al mar tras periodos que van de unos días para las aguas de superficie a siglos para las subterráneas. Sin embargo, existen cuencas que no tienen salida al mar. Aqui las aguas de superficie se evaporan en los lagos salados o de sodio que se forman en los niveles inferiores de estas cuencas.

## El reino de los hielos



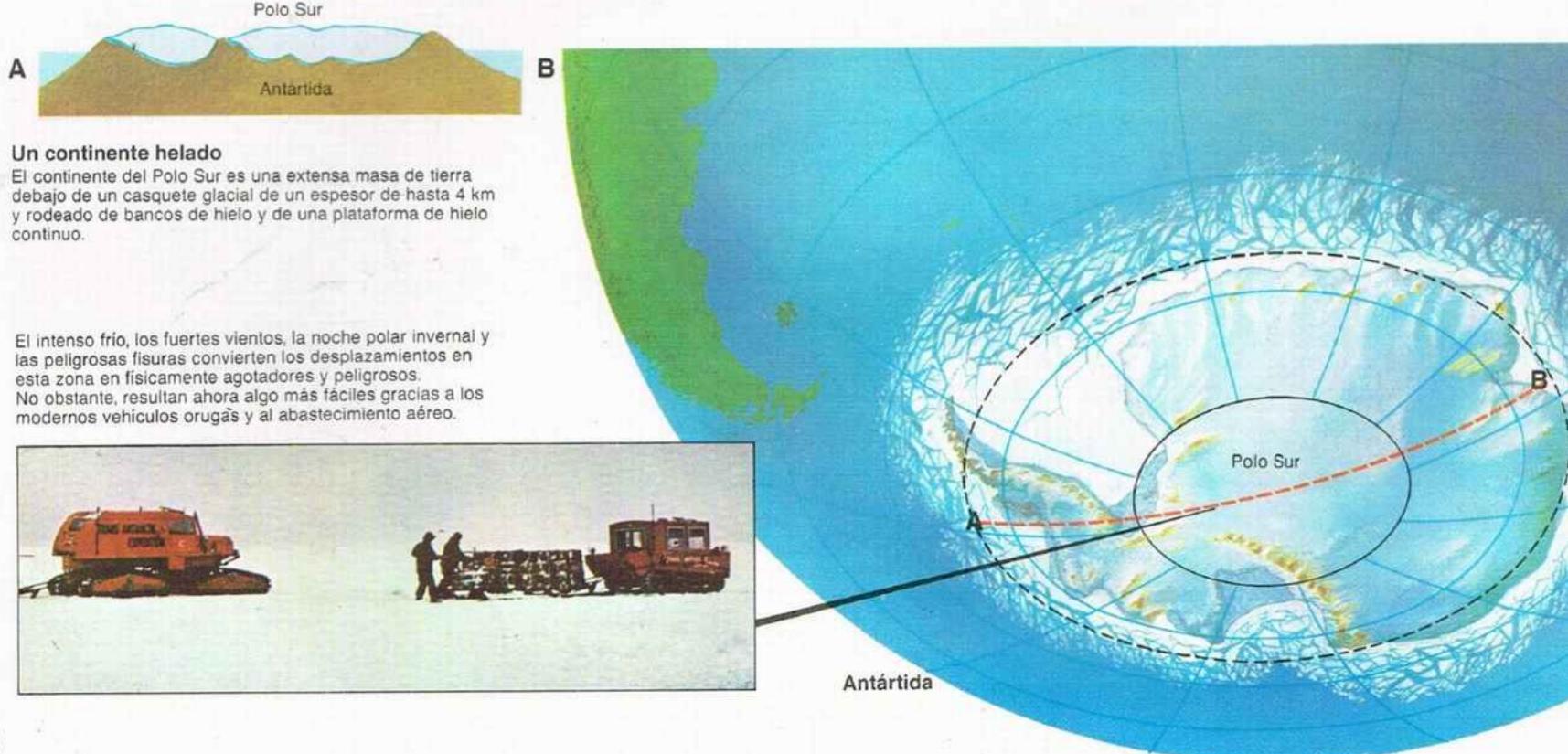
La Tierra tiene dos extensas regiones cubiertas de hielo: la región ártica en torno al Polo Norte y la región antártica en torno al Polo Sur. En estas latitudes extremas el sol apenas se eleva por encima del horizonte y da poco calor. Las regiones heladas también tienen sus avanzadillas hacia el Ecuador; se pueden formar glaciares en lugares con suficientes precipitaciones y con suficiente altura sobre el nivel del mar para mantener la temperatura bajo el punto de congelación.

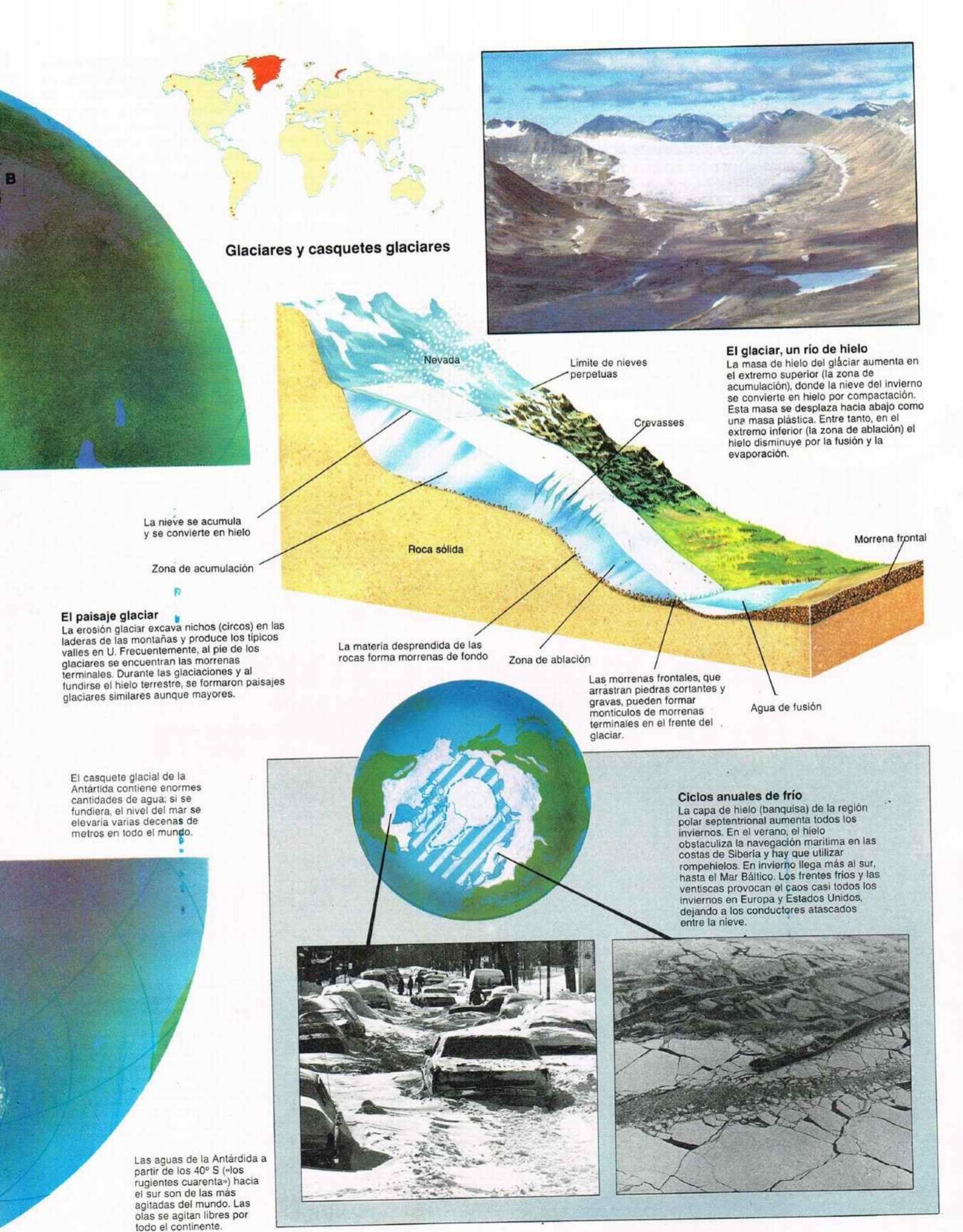
La Tierra no ha tenido siempre estos dos casquetes de hielo. Cuando cae la nieve sobre el mar abierto los copos se deshacen instantáneamente. En un planeta en el que más del 70 por 100 de la superficie está cubierta de agua, los Polos han estado siempre cerca de zonas marinas, por lo que no se podía formar hielo. Los hielos polares sólo pueden formarse si se dan dos condiciones: o bien el Polo está sobre un continente o bien en una cuenca marina cerrada que contrarresta el intercambio de agua con los mares cálidos y permite la formación de masas de hielo. Nuestra actual época geológica es anómala por darse ambas condiciones, en el Polo Sur y en el Polo Norte respectivamente. El resultado es una época glacial en ambos hemisferios, aunque tenemos la buena

fortuna de hallarnos en uno de sus períodos interglaciales más suaves. Al parecer, la mayor parte de las anteriores épocas glaciales de la Tierra afectaron sólo a un hemisferio. La actual era glacial durará hasta que la deriva continental abra el océano Ártico a las corrientes cálidas del sur y aleje al continente antártico del Polo Sur.

Entre los Polos, los cálidos trópicos y las frías regiones polares crean un gigantesco motor térmico en el que los cinturones ecuatoriales son las calderas y las regiones polares hacen de sistema de refrigeración. Este motor impulsa la circulación general del aire que transporta enormes cantidades de aire alrededor del mundo. Es decir, el clima y el tiempo lo determinan en gran medida las regiones polares. Las corrientes oceánicas también transportan hielo de las regiones polares, influyendo en los climas locales.

El hombre llegó al Artico al final de la última era glacial, aunque no ha logrado penetrar en la Antártida hasta este siglo. En ambos lugares, la búsqueda de recursos naturales en nuestra época se ha convertido en una grave amenaza al delicado equilibrio de los medios polares.





## Los océanos

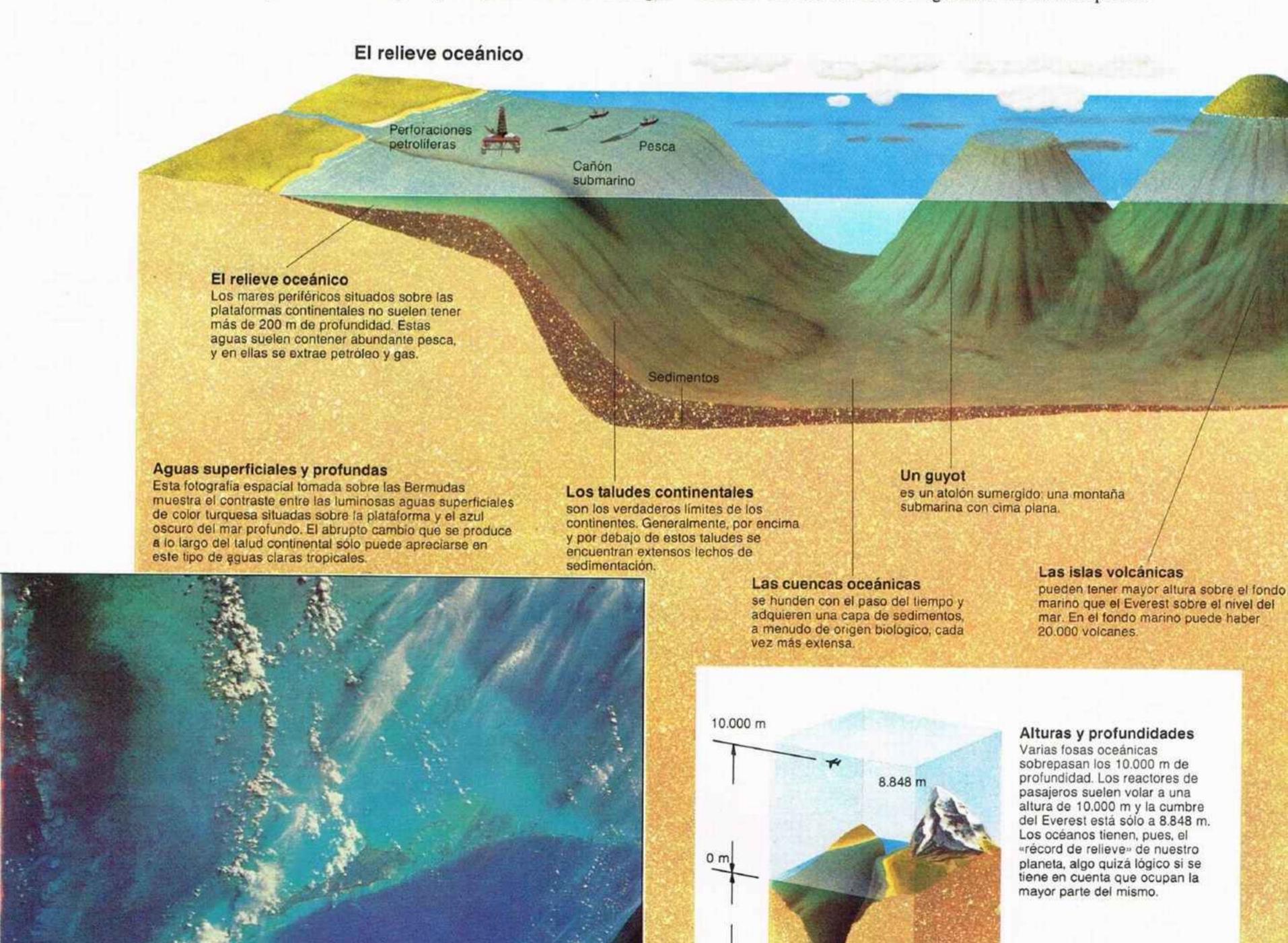
Vista desde el espacio, la Tierra es un planeta oceánico al que se le podría haber dado con más propiedad el nombre de agua, ya que el 71 por 100 de su área está cubierta de mares. Los mares profundos constituyen el 55 por 100 de la superficie de la Tierra.

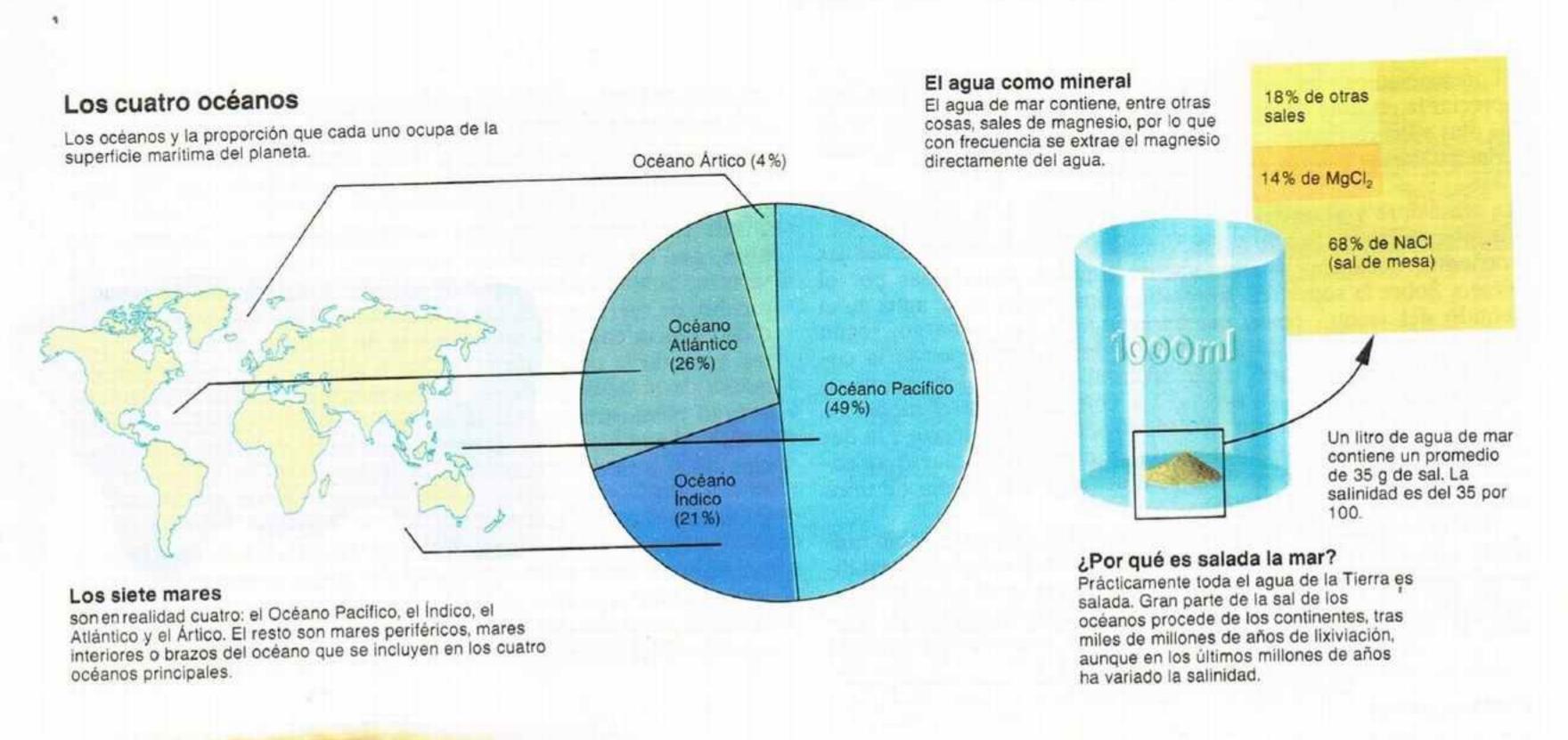
Los lechos de los mares profundos y su geología específica han estado fuera de nuestro alcance hasta bien entrado el siglo actual. Tras la Segunda Guerra Mundial, cuando se iniciaron los estudios, los descubrimientos provocaron una revolución científica. La corteza oceánica no es, como se creía anteriormente, una de las formaciones geológicas más antiguas de la Tierra; por el contrario, es de las más recientes. En ningún punto tiene más de 200 millones de años de antigüedad, mientras que las rocas continentales más antiguas que se conocen tienen casi 4.000 millones de años de antigüedad. La corteza oceánica no es especialmente antigua por estar continuamente deshaciéndose y renovándose.

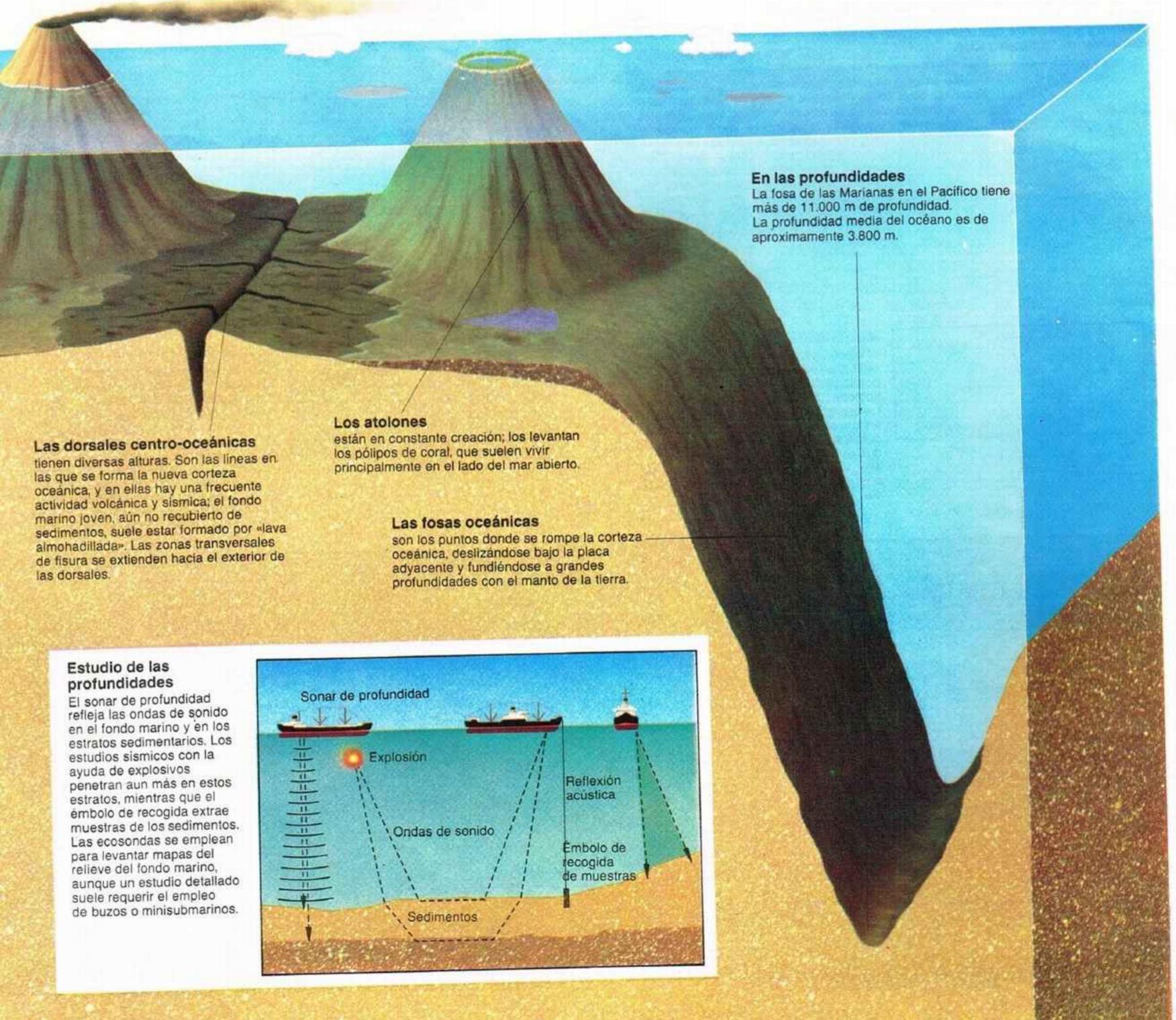
Al estudio científico de los océanos de la Tierra se le denomina oceanografía. En el siglo xvII, marinos y geógrafos intentaron realizar mapas de las corrientes oceánicas, tarea dificultada por su carencia de instrumentos para una exacta navegación. Las investigaciones oceánicas en el moderno sentido del término no comenzaron hasta el siglo xIX. Al no poderse llegar al fondo marino, las investigaciones se dirigían principalmente a la biología

marina, aunque también se realizaron importantes descubrimientos geofísicos y geológicos. Uno de los primeros fue la teoría de Darwin sobre el origen de los atolones: las islas se hunden en el mar, pero los pólipos de coral, que sólo pueden vivir cerca de la superficie, tienden a estar continuamente levantando sus arrecifes hacia la superficie. Las observaciones de Darwin sobre los orígenes de las nuevas especies en islas oceánicas aisladas le proporcionaron el material para su teoría de la evolución mediante selección natural. Así, el estudio de los océanos ha producido no una sino dos revoluciones científicas, una en biología y otra en geofísica.

Ahora conocemos bien los rasgos básicos de la topografía del fondo oceánico y estamos averiguando más sobre la sedimentación y los tipos de roca. La investigación oceánica no es aún una ciencia completa ni mucho menos. Las nuevas tecnologías, especialmente las espaciales, están constantemente aportándonos nuevos conocimientos. Desde los satélites podemos ahora no sólo registrar los fondos marinos mediante la gravimetría (la medición de las fuerzas de gravedad que ejercen las rocas y los sedimentos del fondo del océano), sino que también podemos medir el contenido de fitoplancton del agua. No hay duda de que en las profundidades de los océanos nos aguardan muchas sorpresas.







# El poder del mar

Si presenciamos una tempestad desde una costa rocosa, podemos apreciar la enorme energía contenida en el mar. Sus movimientos, las olas y las corrientes, representan la energía solar transformada principalmente por los vientos de la atmósfera.

La atmósfera y el mar

La interacción entre aire y agua es compleja. Un ejemplo son las corrientes oceánicas aparentemente simples, impulsadas por el viento. Sobre la superficie se produce una corriente de agua en el sentido del viento, como parecería lógico. Sin embargo, según aumenta la profundidad, la rotación de la Tierra desvía la corriente de tal manera que, a una profundidad de 100 m, se mueve en sentido contrario al viento. La corriente neta o media se mueve en ángulo recto con relación al sentido del viento, a la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el sur. Las corrientes normales de superficie se mueven a una media de unos pocos kilómetros cada 24 horas.

Entre la atmósfera y el mar se da también un intercambio químico, principalmente de dióxido de carbono y oxígeno, estabilizando el contenido de estos gases en el aire y en el mar. Este intercambio de gases se produce principalmente mediante la difusión, el intercambio directo de átomos. El viento aviva también los aerosoles formados por diminutas gotas de agua casi invisibles con sales en disolución. Cuando el agua se evapora, el viento arrastra los cristales de sal que sirven como núcleos de condensación en torno a los cuales se forman gotas mayores que dan lugar a nieblas, nubes y lluvia.

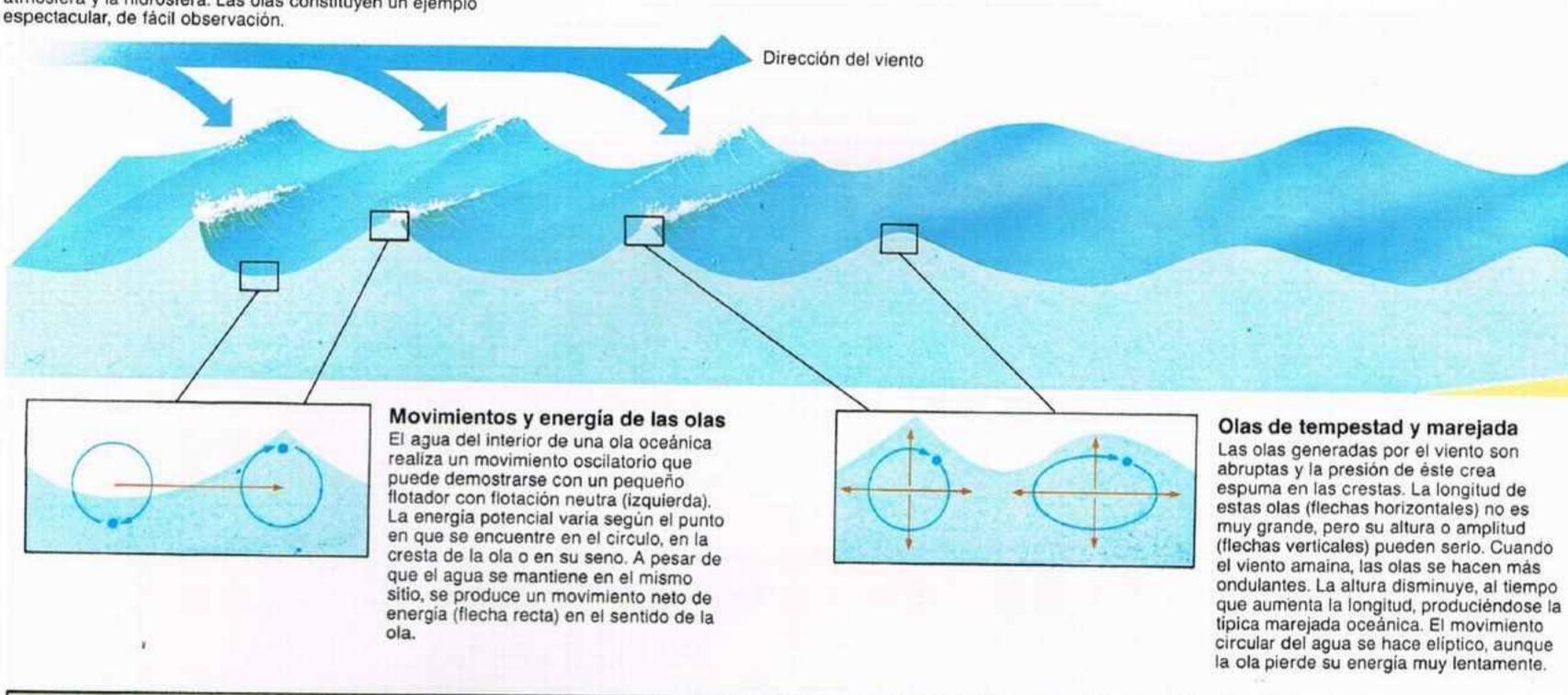
El viento crea pequeñas ondulaciones en la superficie del agua, que se convierten rápidamente en olas. Las olas captan los vientos, absorbiendo aun más energía. Esta energía no penetra mucho, de suerte que es tan sólo de un 4-5 por 100 a una profundidad equivalente a la tercera parte de la distancia entre las crestas. Cuando la ola se desplaza hacia adelante, se pierde una pequeña parte de esta energía por la fricción, aunque el oleaje del océano puede transportar la energía a grandes distancias. Finalmente, la energía se pierde totalmente en la costa al romperse las olas, que erosionan y transforman el litoral.

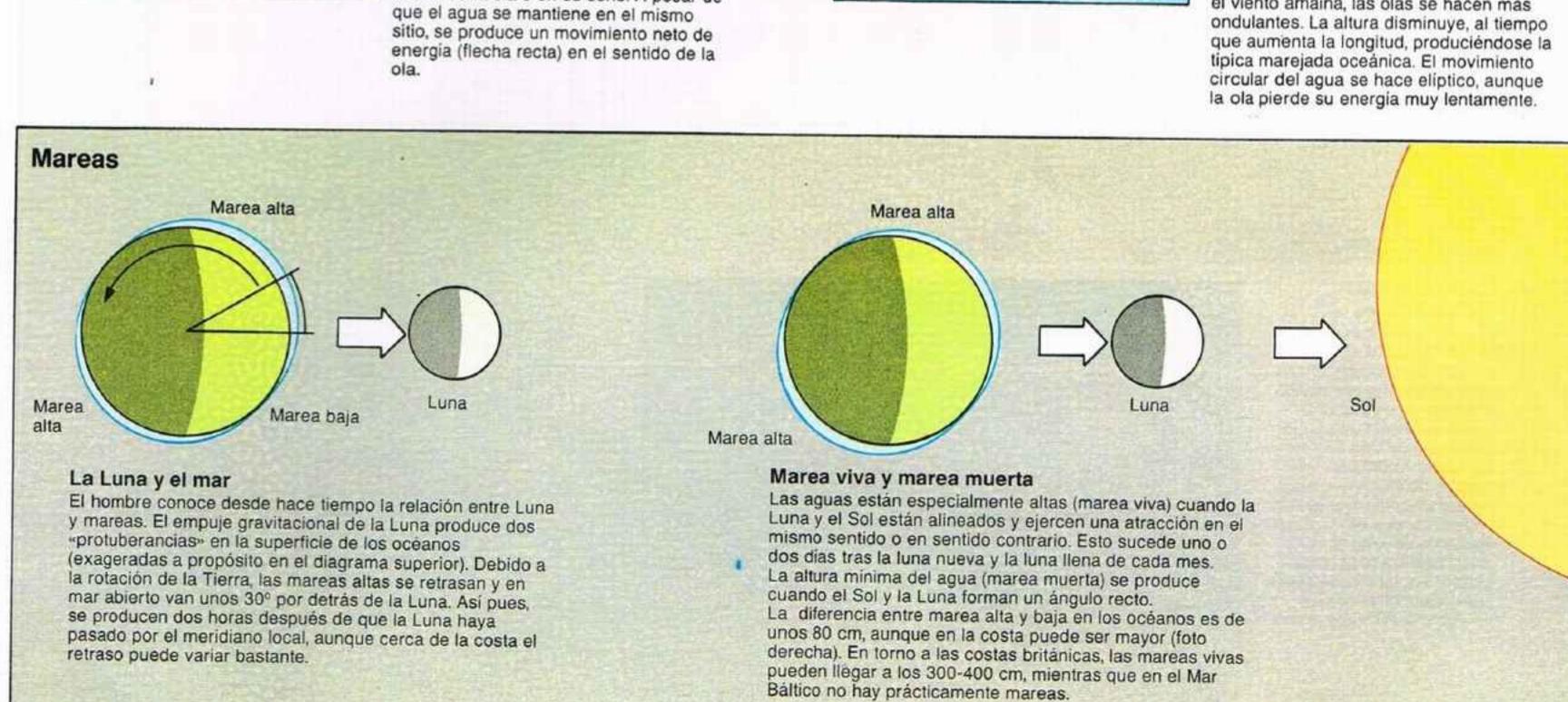
#### Corrientes oceánicas

Las corrientes pueden activarse por diferencias de densidad y temperatura entre masas de agua, si bien los grandes sistemas de corrientes de superficie de los océanos se deben a la acción de los vientos. Los alisios determinan corrientes y contracorrientes ecuatoriales. La Corriente del Golfo la produce el agua que la Co-

#### Vientos y olas

El 71 por 100 de la superficie de nuestro planeta está cubierta de agua y en ella se da una compleja interacción fisica entre la atmósfera y la hidrosfera. Las olas constituyen un ejemplo espectacular, de fácil observación.





rriente Ecuatorial Septentrional lleva hacia las Antillas, adentrándose en el Caribe, y «desbordándose» posteriormente en dirección noroeste. Alrededor de la Antártida, donde no hay continentes que la obstaculicen, se mueve una corriente del oeste.

Donde los vientos y corrientes alejan al agua de la superficie de la costa, ésta es reemplazada por agua procedente de niveles más profundos, rica en nutrientes y con abundante pesca. Las corrientes nutritivas de los mares polares dan lugar a otros bancos de pesca, como los del este de Japón.

Peligros del mar

La energía del mar puede resultar peligrosa, incluso en tierra. La combinación de mareas vivas y fuertes vientos costeros puede producir inundaciones devastadoras, como sucede en la costa holandesa. Un terremoto en el fondo marino o una explosión volcánica pueden producir las olas denominadas «tsunamis», que pueden moverse a una velocidad de varios cientos de km/h, golpeando el litoral con una fuerza tremenda. La ola que se produjo cuando explotó la isla de Krakatoa, entre Java y Sumatra en 1883, se elevó a una altura de 35 m al chocar contra la costa de Java. Las pequeñas embarcaciones fueron lanzadas hasta bien dentro de tierra y se cree que perecieron 35.000 personas.

Turbina Válvula Válvula Cámara-de aire Cámara de aire de popa de proa

La energía de las olas

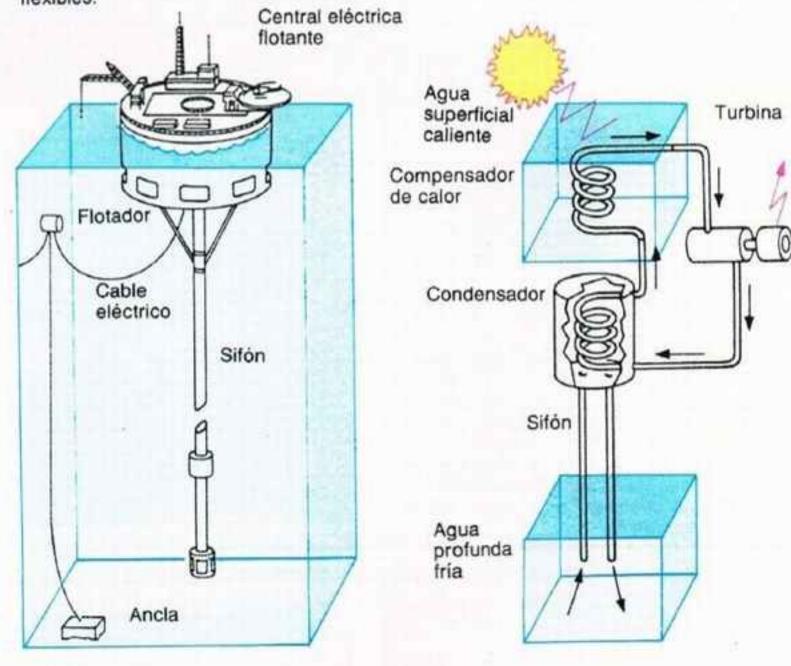
La energía del mar

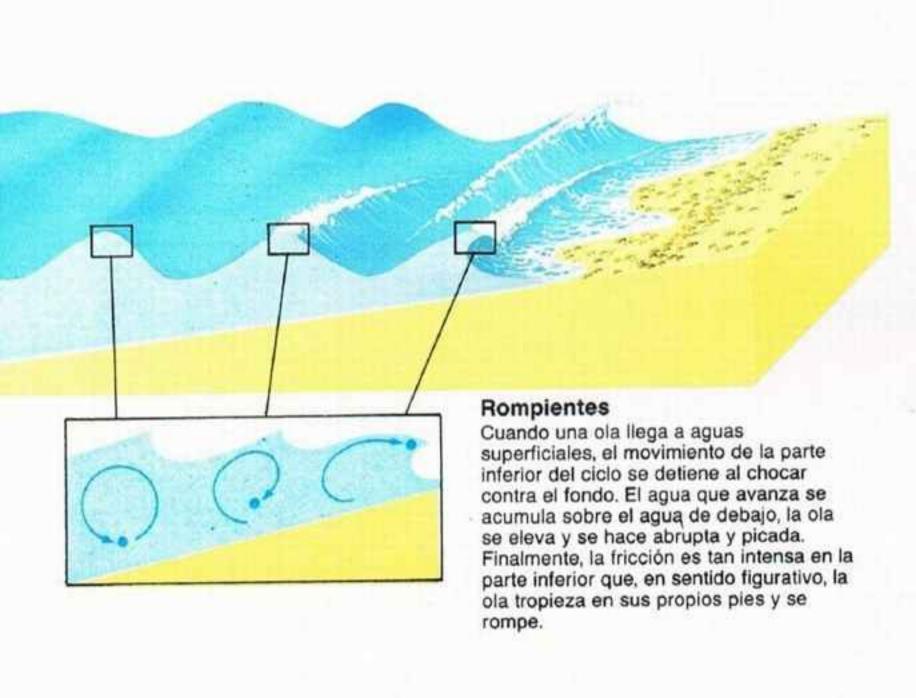
Un método para extraer energia de las olas consiste en anclar barcazas en el mar, con dos cámaras de aire separadas por media longitud de onda. Cuando la ola pasa bajo las barcazas, el aire es aspirado por la cámara de proa, y de alli pasa por la turbina a la cámara de popa, de donde vuelve a salir.

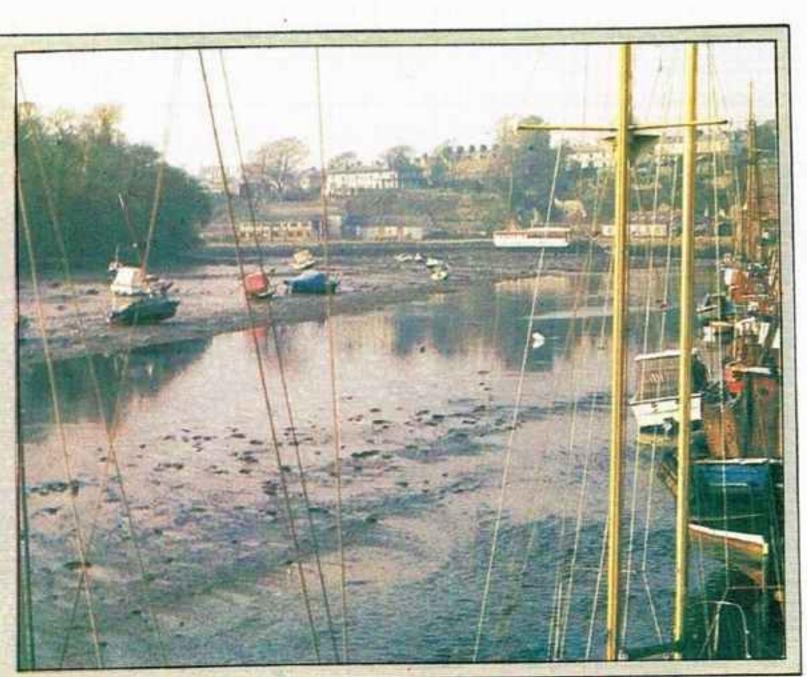
En una cala se pueden, emplear flotadores en forma de pico de pato, montados sobre ejes flexibles. Los movimientos de los flotadores se transmiten por los engranajes a los ejes, que a su vez mueven unos generadores eléctricos situados en tierra.

Energía solar del mar

La Conversión de Energía Térmica del Océano (OTEC) es una técnica considerada de especial aplicación en aguas tropicales. Aquí se emplea la superficie del agua calentada por el Sol para gasificar un agente apropiado, freón o amoniaco; el gas se emplea, a su vez, para mover una turbina. El agente es posteriormente condensado mediante agua profunda fria, elevada mediante un sistema de sifón. El agente, ahora en forma líquida, vuelve a pasar por el compensador de calor, completando el circuito. Hay proyectos para la construcción de centrales eléctricas flotantes, llevando la electricidad a tierra mediante cables flexibles.

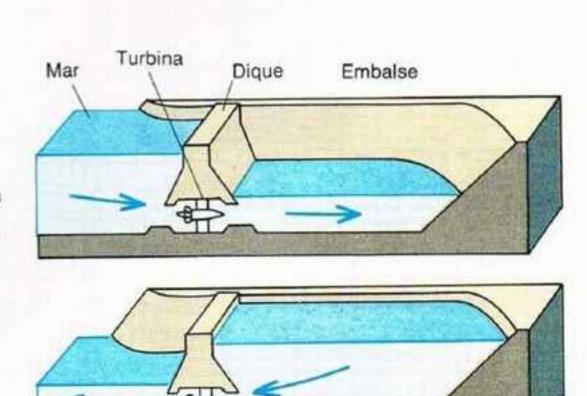




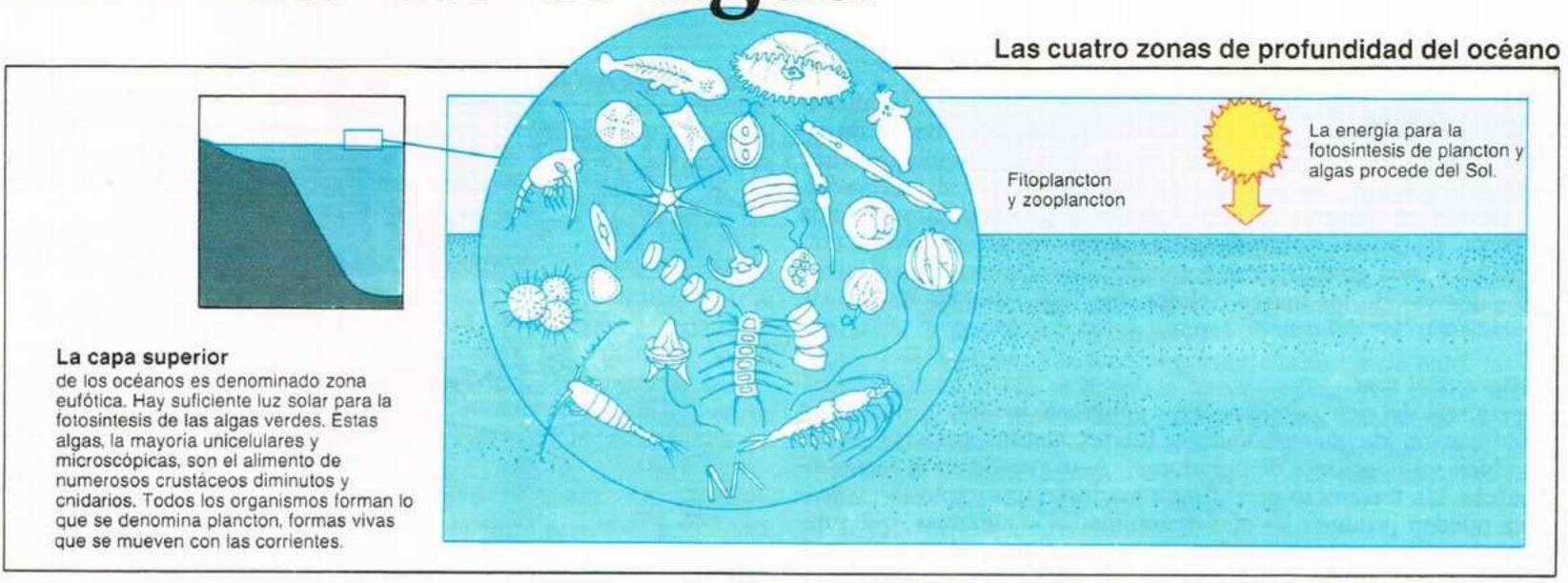


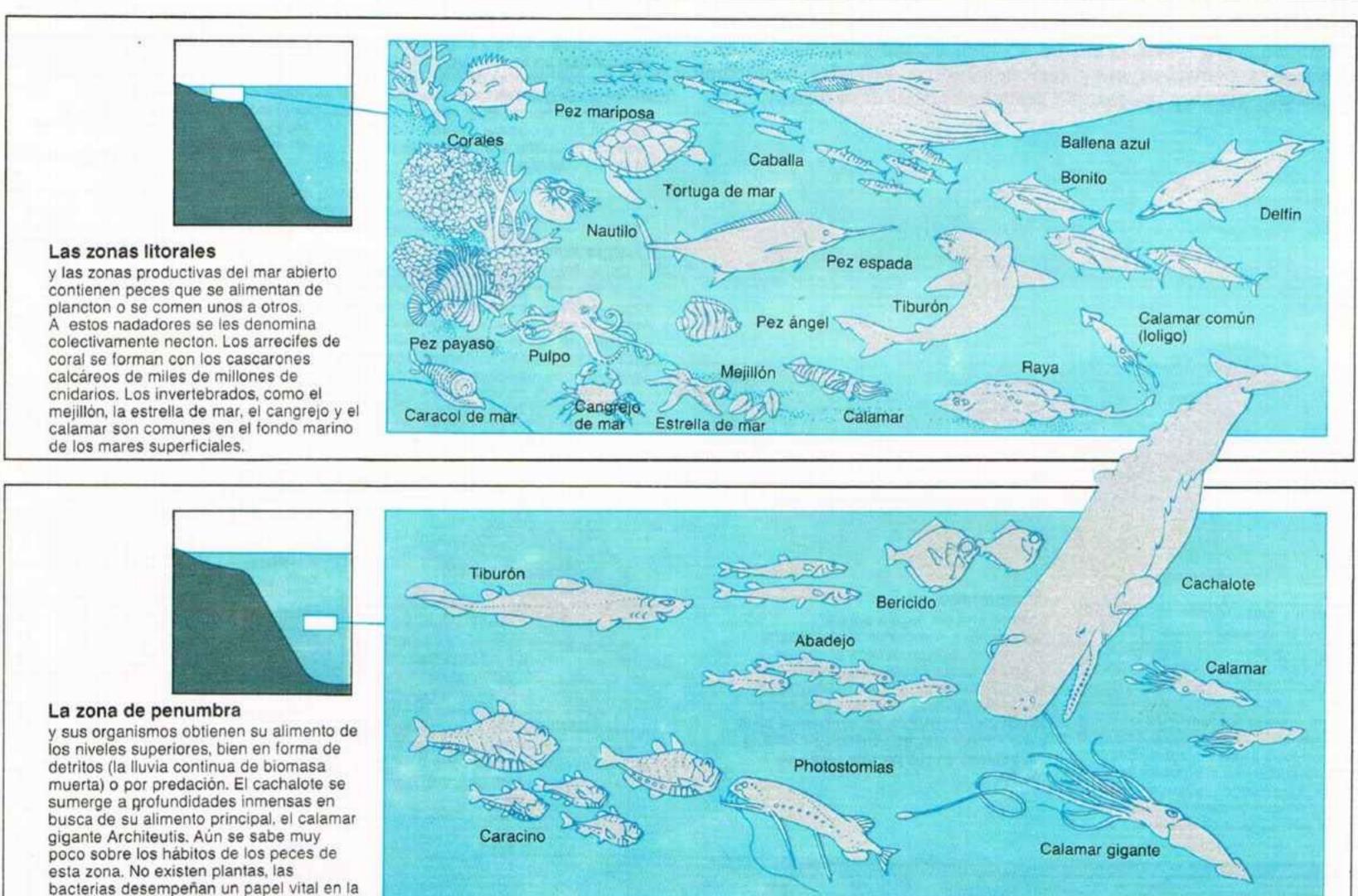
#### La energía de las mareas

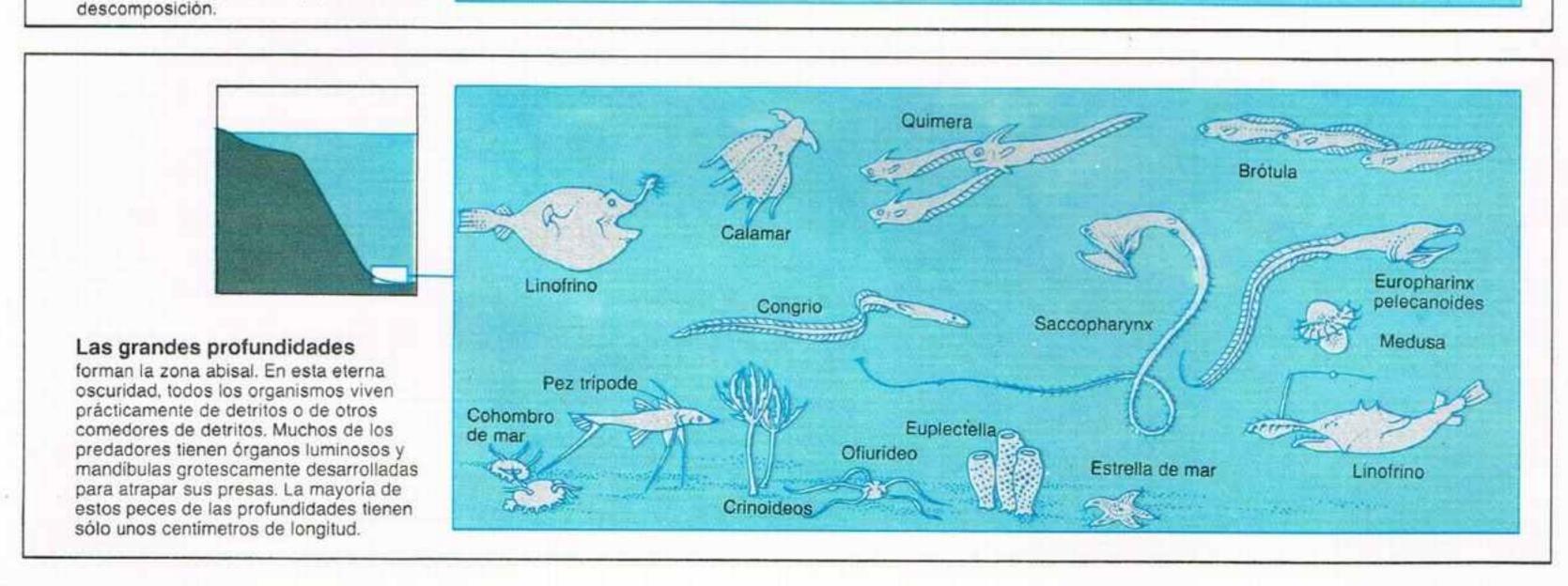
En puntos de marea alta, se puede transformar una bahia estrecha en un embalse de una central eléctrica, levantando un dique a la entrada con objeto de aprovechar el flujo y reflujo del agua para mover turbinas de transmisión reversible. Son escasos los lugares con una bahía estrecha y profunda con el flujo y reflujo necesarios.

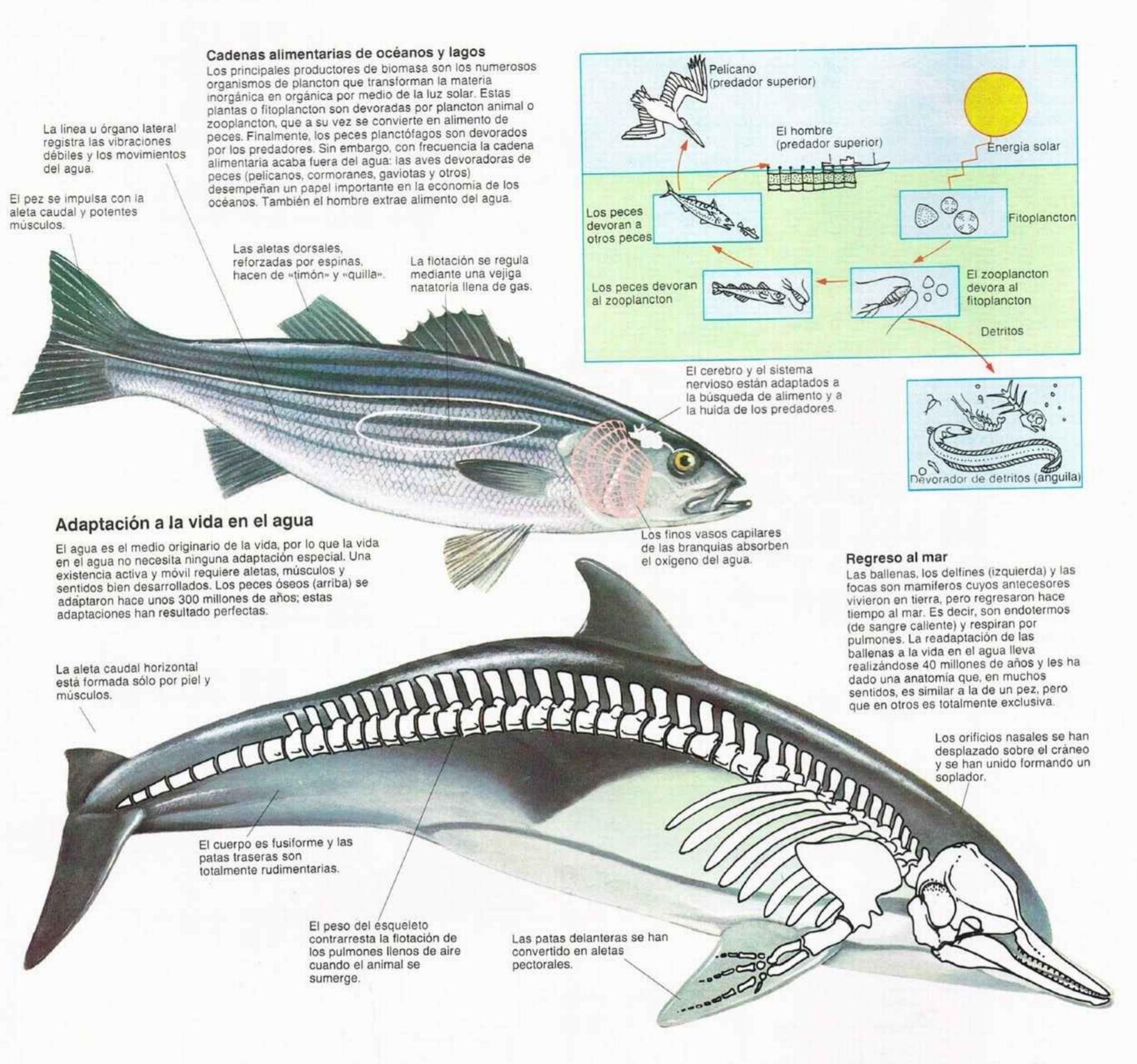












El elemento líquido es el medio natural de la célula viva. Ingeniosos mecanismos moleculares absorben las sustancias vitales del líquido que le rodea a través de la membrana celular y arrojan los residuos en sentido contrario. Así, los organismos unicelulares no necesitan una especial adaptación a la vida en el agua. Un organismo que se mueve necesita un medio de locomoción, músculos y aletas en el caso de los peces. Los músculos a su vez necesitan grandes cantidades de oxígeno, de ahí la existencia de branquias. Finalmente, son necesarios sentidos y un sistema nervioso para asegurar que los movimientos resulten eficaces y aptos para sus necesidades.

En principio, el agua exige a todos sus habitantes prácticamente lo mismo. Los animales que se readaptan a la vida en el agua tienen consecuentemente muchos rasgos anatómicos comunes con los peces. Esto sirve para ballenas y focas y, hasta cierto punto, para los ictiosaurios del mesozoico, hace 200 millones de años. Todos ellos comparten o compartían el mismo inconveniente de que la adaptación fundamental de sus antecesores a la vida en la tierra, la respiración aérea, no ha podido revertirse.

Los agentes principales de producción orgánica de océanos y lagos son las plantas verdes de plancton. Para crecer no necesitan sólo luz solar, sino también oxígeno, dióxido de carbono y sales. A menudo, la existencia de fosfatos determina la cantidad de biomasa, es decir, de materia viva, que puede existir en un metro cúbico de agua. La falta de fosfato supone agua estéril, mientras que su abundancia puede dar lugar a una floración de algas que consuma el oxígeno del agua. Los fosfatos, en forma de residuos orgánicos, están continuamente descendiendo a las profundidades.

En el mar abierto, estos detritos se hunden fuera del alcance de los productores orgánicos y se incorporan a los sedimentos y a las rocas sedimentarias. Por otro lado, las aguas superficiales reciben nutrientes (nitratos y fosfatos) de dos fuentes: del agua que se infiltra en el terreno y de la descomposición de la materia orgánica en el mar. La producción orgánica es elevada, ya que casi todos los nutrientes existentes se incorporan a la biomasa. Las aguas superficiales son, pues, importantes zonas de pesca y un banco puede contener cientos de miles de peces.

## La mar nutricia

El hombre no ha sido siempre pescador. Al final de la Era Glacial, los cambios ecológicos y las demandas de una población en aumento obligaron a los hasta entonces cazadores de caza mayor a volver la vista hacia la caza menor y, finalmente, a los mariscos: mejillones y ostras. Esta evolución puede estudiarse arqueológicamente en ciertos emplazamientos mediante el análisis estadístico de las basuras domésticas. La pesca surgió durante el Mesolítico (hace aproximadamente 8.000 años), cuando se inventaron los aparejos básicos: anzuelo, lanza, red y nasa.

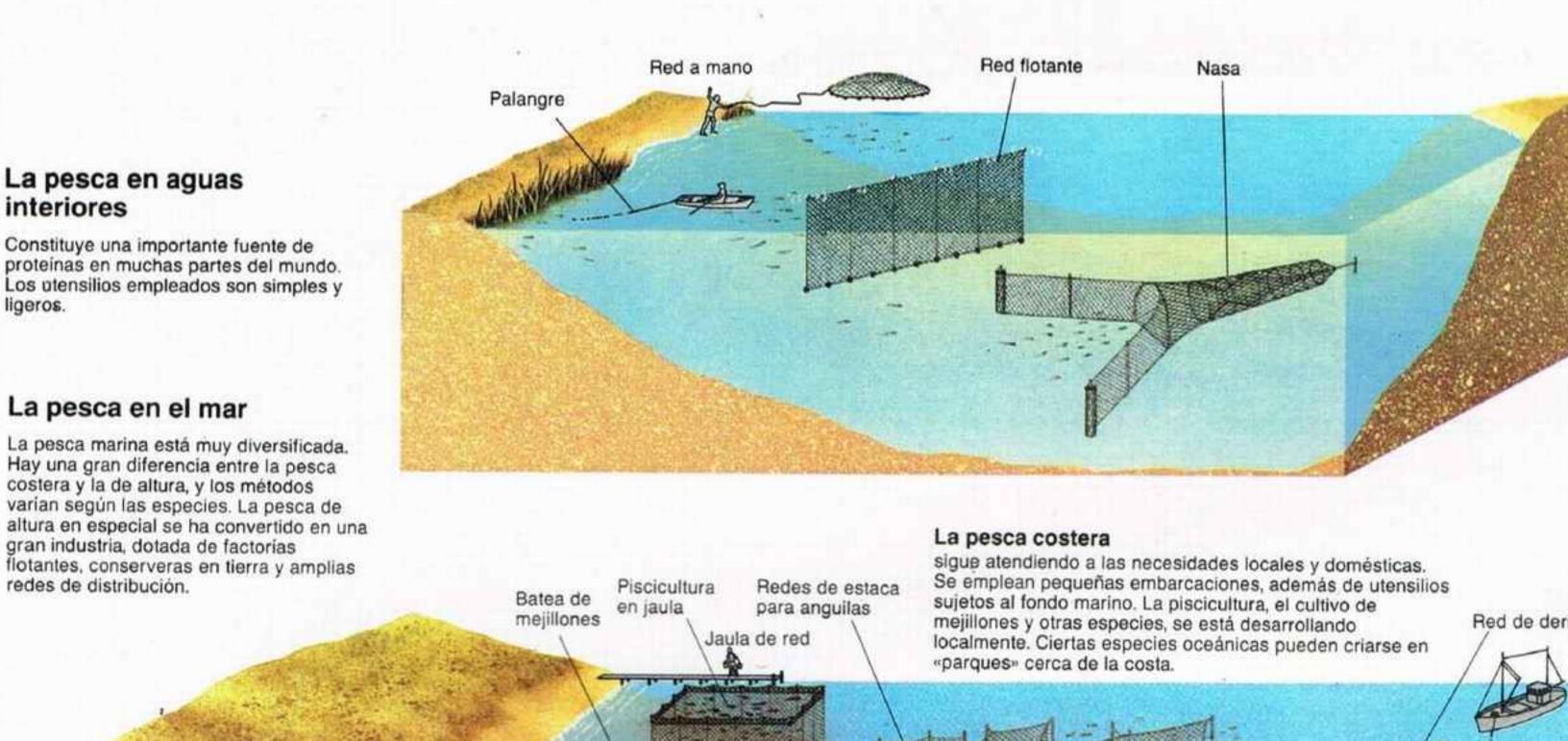
La pesca fue una actividad principalmente local hasta que el motor de vapor primero y el motor diesel después provocaron su industrialización en los cien últimos años. El enlatado de conservas y la refrigeración han aumentado las posibilidades de la pesca. Las flotas pesqueras van ahora acompañadas de barcos factorías y la mecanización ha aminorado la dureza del trabajo.

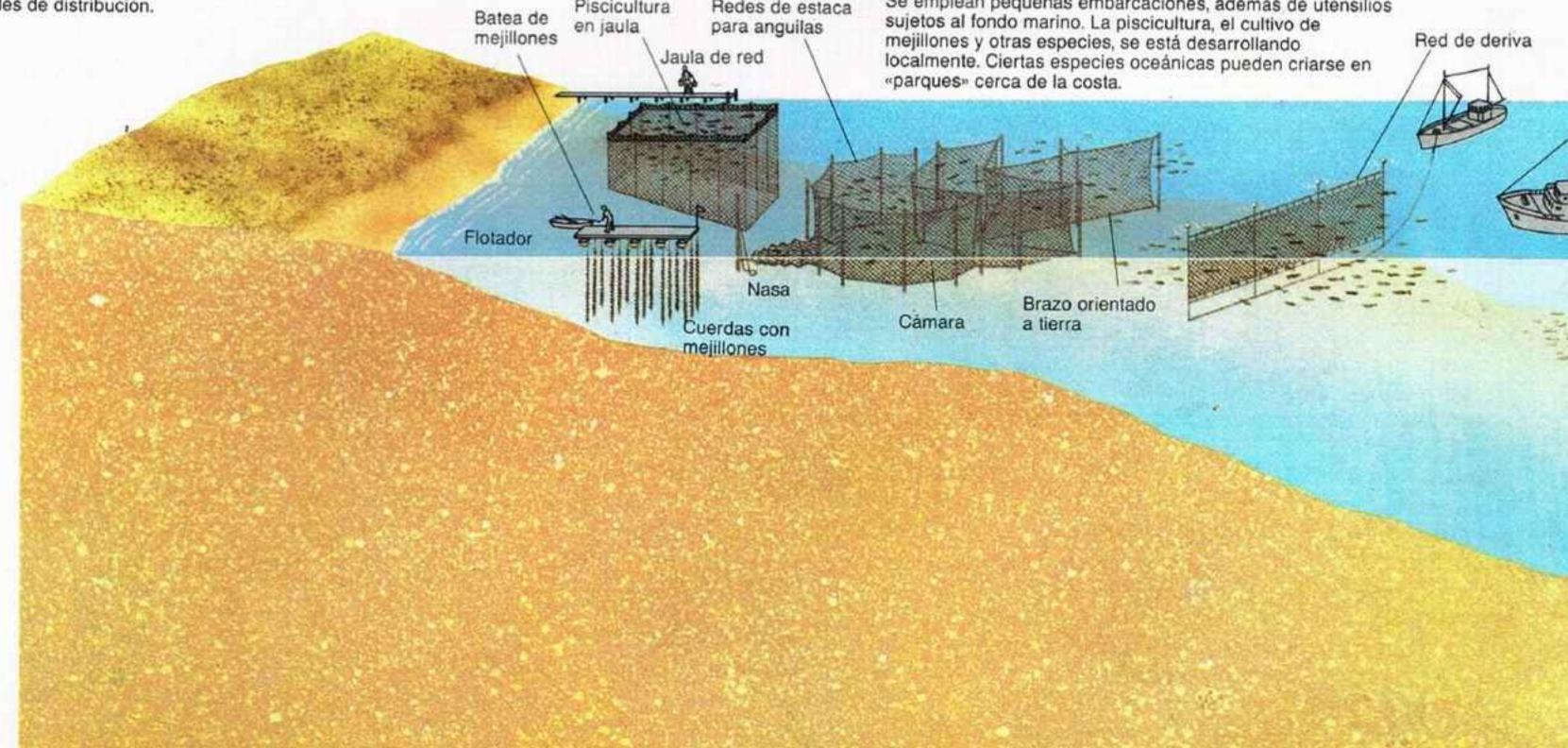
Durante las décadas de 1950 y 1960 se pensó que el alimento de los mares sería suficiente para alimentar a una población mundial ilimitada. Pero la pesca abusiva acarreó una reducción de las capturas a comienzos de la década de 1970. Hoy día, el total anual de capturas, incluyendo la piscicultura y las algas, está alrededor de 68 millones de toneladas. Cerca del 40 por 100 consiste en diferentes especies de arenque y bacalao. La piscicultura (criaderos de mejillones y ostras, cría de peces en aguas costeras e interiores, etc.) aporta alrededor del 9 por 100, proporción que aumenta con rapidez. En el sureste asiático, en especial, la cría

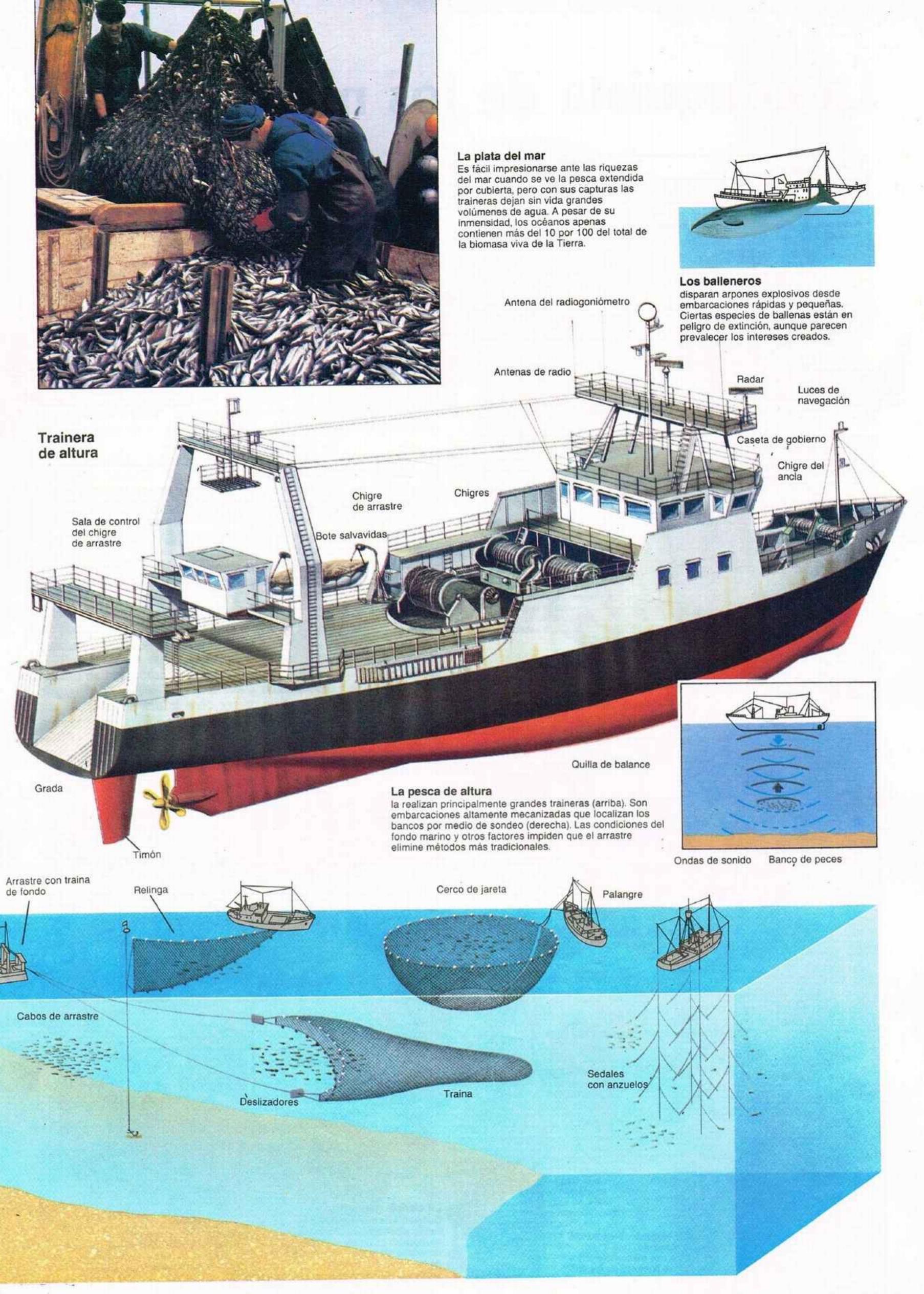
de carpas en estanques es una fuente importante de proteínas.

Las zonas de pesca más importantes son las aguas superficiales de las plataformas continentales, y las zonas en las que el agua que sube del fondo o las corrientes de las regiones polares proporcionan sales nutritivas, principalmente fosfatos. La productividad biológica alcanza aquí su máximo nivel y las cadenas alimentarias suelen ser más cortas que en los complejos sistemas ecológicos de los océanos. Sin embargo, estas zonas altamente productivas son más vulnerables. A comienzos de la década de 1970, las capturas de anchoa en Perú, la mayor industria pesquera en aquel momento, se vinieron abajo al cambiar de curso una corriente oceánica fría y muy nutritiva. Al desaparecer esta nutrición, desaparecieron las anchoas y se derrumbó toda la industria.

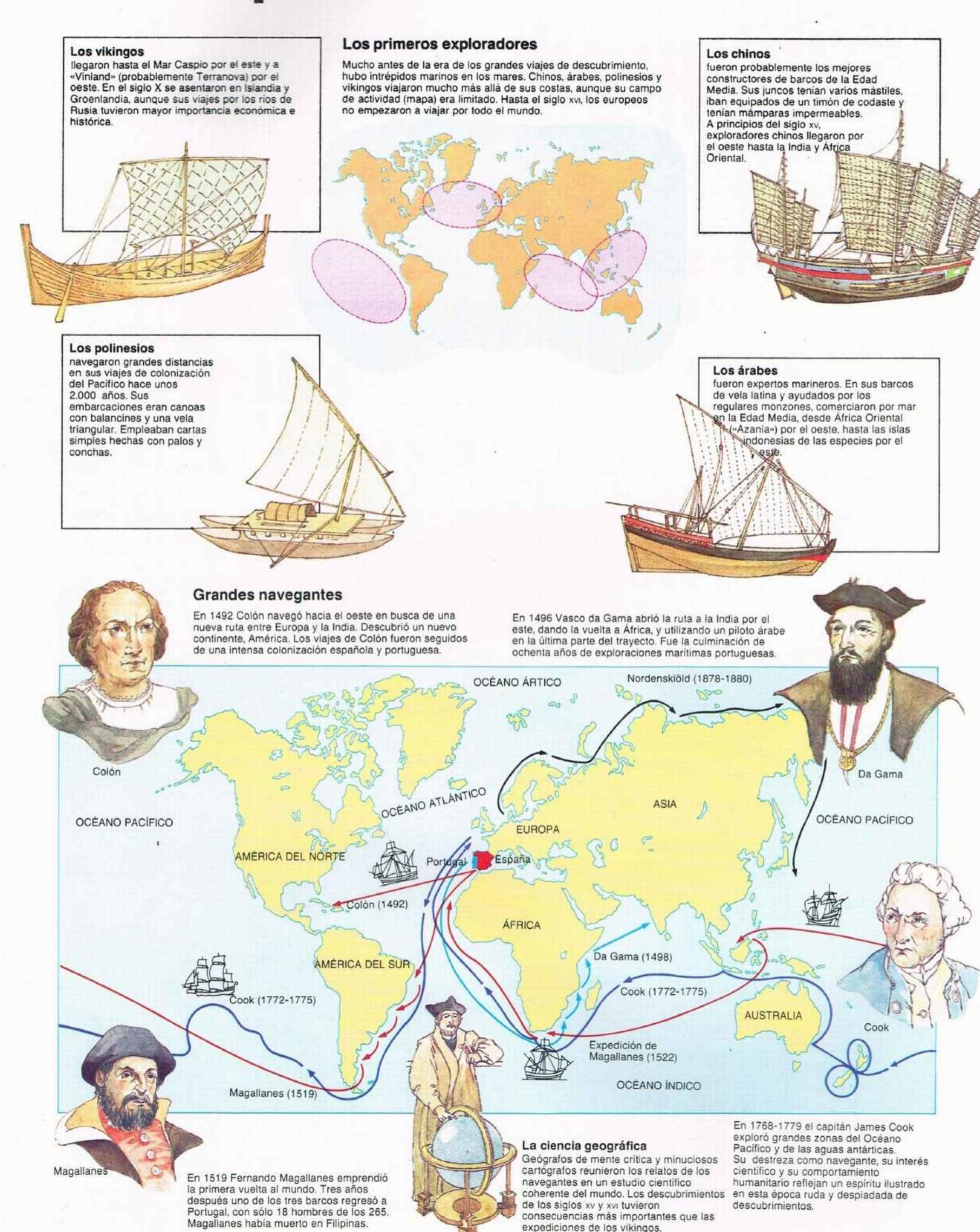
La pesca tradicional es biológicamente ineficaz. Una tonelada de plancton no puede nunca convertirse en más de 10-20 kg de caballa, puesto que ésta se encuentra en un escalón superior de la cadena alimentaria, por ser un predador superior como el hombre. Resulta tentador recurrir al nivel trófico más inferior posible y utilizar a los productores primarios del mar, las algas, y a los secundarios, los crustáceos pelágicos como el «krill». Esto podría ser posible en el futuro. Entre tanto hay algo claro: si queremos aprovechar las aguas de la Tierra para la producción de alimentos, hay que detener la contaminación. Los océanos no son ya inagotables.







# La conquista de los mares



Los avances en la construcción naval permitieron la utilización de los mares como importantes rutas de comunicación. Pronto se inició un activo tráfico en el Mediterráneo y en el Báltico, donde las aguas estaban bastante protegidas y las distancias de recalada eran relativamente cortas. En el Mediterráneo, cretenses, fenicios, griegos, romanos, árabes e italianos se sucedieron unos a otros en el dominio de los mares, hasta que el comercio mundial se trasladó a los grandes océanos y el Mediterráneo decayó, convirtiéndose en una zona económicamente inactiva.

Las nuevas rutas comerciales fueron la consecuencia de los grandes descubrimientos de los siglos xv y xvi. Cientos de años de navegación por litorales tormentosos habían obligado a los europeos occidentales a construir buenos barcos, aunque el verdadero impulso a su expansión marítima fue la idea de destruir el monopolio árabe-italiano del comercio con el Lejano Oriente. Aunque Colón y Da Gama no se hicieron a la mar impulsados por un fervor científico, sus viajes tuvieron consecuencias científicas

importantes.

Se ha dicho a menudo que fueron los indios y no Colón quien descubrió América. Es cierto que los habitantes originales del nuevo Mundo conocían bien sus terrenos de caza, pero desconocían que esta tierra fuera un continente aislado, separado por el mar de otros continentes como Europa, Asia y África. No tenían una ciencia geográfica. Los europeos, sin embargo, la habían desarrollado, lo que les daba unos conocimientos prácticos de la geografía mundial sin paralelo en la historia. Puede decirse que la época de los grandes viajes de descubrimiento concluye con los viajes de Cook en la década de 1770. Representaron la transición a la era dorada de las grandes expediciones científicas del siglo xix: la expedición Challenger, Darwin, Nordenskiöld y otros muchos.

Pescadores y navegantes han tenido siempre cierto conocimiento de las profundidades marinas, aunque la capacidad de un buceador a pulmón está limitada a unas decenas de metros y un par de minutos. En el siglo xvi se inventó la campana de buzo para operaciones de rescate y en la década de 1830, Siebe diseñó el moderno traje de buzo para el mismo fin. Los equipos de respiración de los hombres rana surgieron en la Segunda Guerra Mundial. Hoy día los buzos trabajan rutinariamente a profundidades de varios cientos de metros.

La invención del torpedo a finales del siglo xix convirtió al submarino en un arma militar práctica. Su uso militar se mantuvo hasta la década de 1960, cuando los investigadores marinos construyeron aparatos sumergibles especialmente diseñados para uso científico. Desde entonces, la búsqueda de petróleo bajo el mar ha hecho progresar rápidamente las técnicas de buceo.

El hombre está empezando ahora a sondear los misterios de las profundidades del océano. El «espacio interior» del mar es, como el espacio exterior, una nueva y prometedora frontera.

#### La exploración de las profundidades

Los buzos provistos de oxigeno están limitados a profundidades de 10-15 metros. Bajo presión, el oxigeno tiene un efecto venenoso.

Con el equipo más elemental, los pescadores de perlas y esponjas alcanzan profundidades de 30-50 m durante periodos breves.

Los hombres rana con escafandras autónomas pueden descender hasta 60 m. Por debajo de esta distancia hacen falta mezclas de gases especiales.

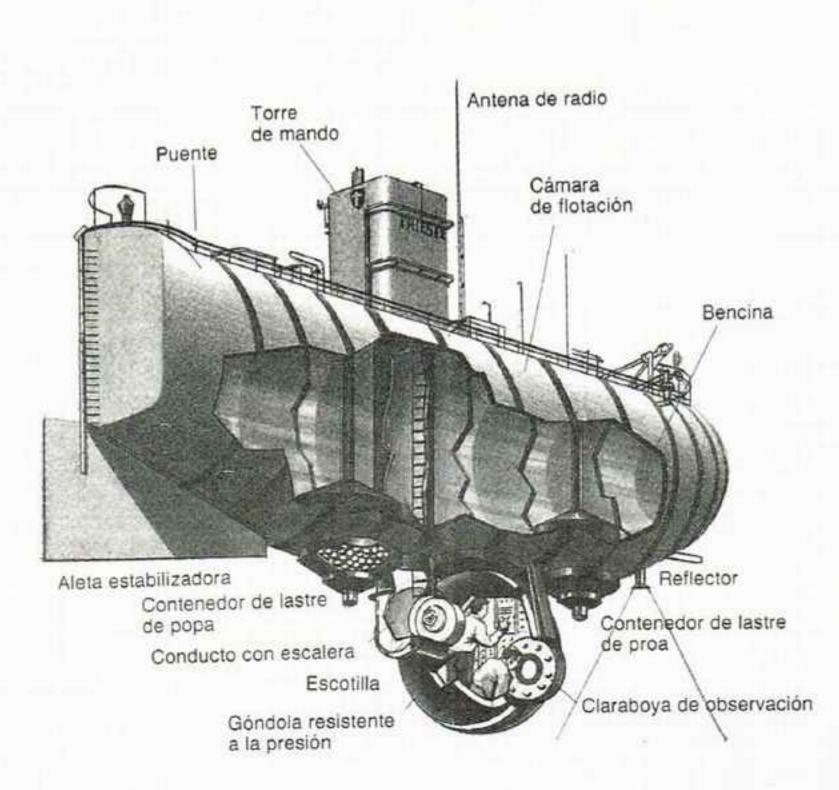
Los buzos pueden trabajar a profundidades de 150-250 m respirando heliox, una mezcla de helio y oxigeno.

Los submarinos comerciales pueden emplearse en reparaciones y labores de mantenimiento, por ejemplo, en las plataformas petroliferas maritimas, hasta una profundidad de 400-500 m.

En 1934, empleando una batisfera, una esfera de acero suspendida de un barco por un cable, el zoólogo norteamericano William Beebe descendió hasta más de 900 m. Este peligroso aparato le permitió al hombre observar por primera vez el mundo eternamente oscuro de las profundidades oceánicas.

Los submarinos de investigación, construidos con nuevos materiales, como titanio, aluminio y plexiglás, se emplean para realizar observaciones científicas a profundidades de varios miles de metros. Con la ayuda de estas embarcaciones se han hecho importantes descubrimientos biológicos y geológicos en las dorsales centro-oceánicas.





#### Las mayores profundidades

La mayor profundidad conocida en el mundo es la fosa de las Marianas en el Pacífico: 11.034 m. En ella un batiscafo (derecha y en detalle izquierda) descendió en 1960 hasta 10.916 m. En principio, un batiscafo es una especie de zepelin submarino. El casco está relleno de bencina, más ligera que el agua, al igual que el gas de un dirigible es más ligero que el aire. Bajo este casco o camara de flotación hay una góndola de acero resistente a la presión, con claraboyas de observación. La flotación se equilibra mediante bolas de acero que sueltan dos contenedores. La tripulación se compone de dos o tres personas. La nave puede permanecer unas horas en el fondo marino, a profundidades de 10.000 m o mas.

## Las rutas maritimas

Se cree que los egipcios construyeron los primeros barcos de vela, en los que transportaban ricas mercancías, como maderas preciosas; oro, marfil y esclavos de Líbano y el Punt (costa de Somalia). Durante mucho tiempo la navegación fue una actividad que no afectaba ni atañía a la gente corriente. Los griegos, y tras ellos los romanos, fueron los primeros en depender del transporte de productos esenciales por mar: granos, aceite de oliva, vino y metales. Con la caída del Imperio Romano, alrededor del año 500, cesó el tráfico y los productos de uso diario no volvieron a ser un factor importante en la navegación hasta la alta Edad Media. Durante este tiempo, la mayoría de los barcos navegaban más o menos cerca de la costa. En la Edad Media árabes y chinos efectuaron algunas travesías oceánicas, ayudados por los monzones. Pero los europeos no se embarcaron en tales empresas hasta alrededor del 1500.

Hoy día la mayor parte del tráfico marítimo lo constituyen mercancías a granel, como petróleo, hierro, minerales, productos químicos industriales y granos. Las mercancías manufacturadas consisten principalmente en productos industriales pesados, como maquinaria, vehículos y diversos productos semimanufacturados. El tráfico de pasajeros se limita en gran parte a cruceros y líneas de transbordadores; los aviones han acaparado el tráfico transoceánico de pasajeros. En los cien últimos años se han dado tremendos avances en la construcción naval. Los modernos cargue-

#### Barcos de dos siglos

#### Galgos de los mares

Tras siglos de desarrollo de embarcaciones de vela cuadrada, se llegó a los clipers británicos y norteamericanos de mediados del siglo xix.

Estos veloces barcos se crearon para desempeñar una labor concreta: trasladar a Europa y a Norteamérica cargas costosas y perecederas del Lejano Oriente, té principalmente. Las primeras entregas de la temporada podían alcanzar precios muy altos, lo que llevó a las famosas carreras por los mares. La era de oro de los clipers fue breve, al cabo de unas décadas fueron reemplazados por barcos de vapor.

#### Un moderno buque de carga

Debido a las demandas industriales de servicios de transporte maritimo rápidos y regulares, los vapores de ayer, los «obreros despreocupados» del mar, han sido casi totalmente eclipsados por los cargueros de línea regular. Estos barcos son veloces y están construidos especialmente para transportar diferentes tipos de cargas. Suelen tener dos tripulaciones que se turnan; cuesta mucho tener un barco parado para que descanse toda la tripulación.



Lancha salvavidas

Tuberias de combustible, agua de lastre y agua de sentina

Demoras



ros de línea tienen la misma tripulación que un clíper, entre 20 y 30 hombres, a pesar de que la capacidad de carga es cien veces mayor: 30.000 toneladas o más. El ruido, las vibraciones y la tensión son las principales molestias del moderno navegante, como los accidentes, el mal alojamiento, el frío, el calor y la humedad fueron las de sus predecesores.

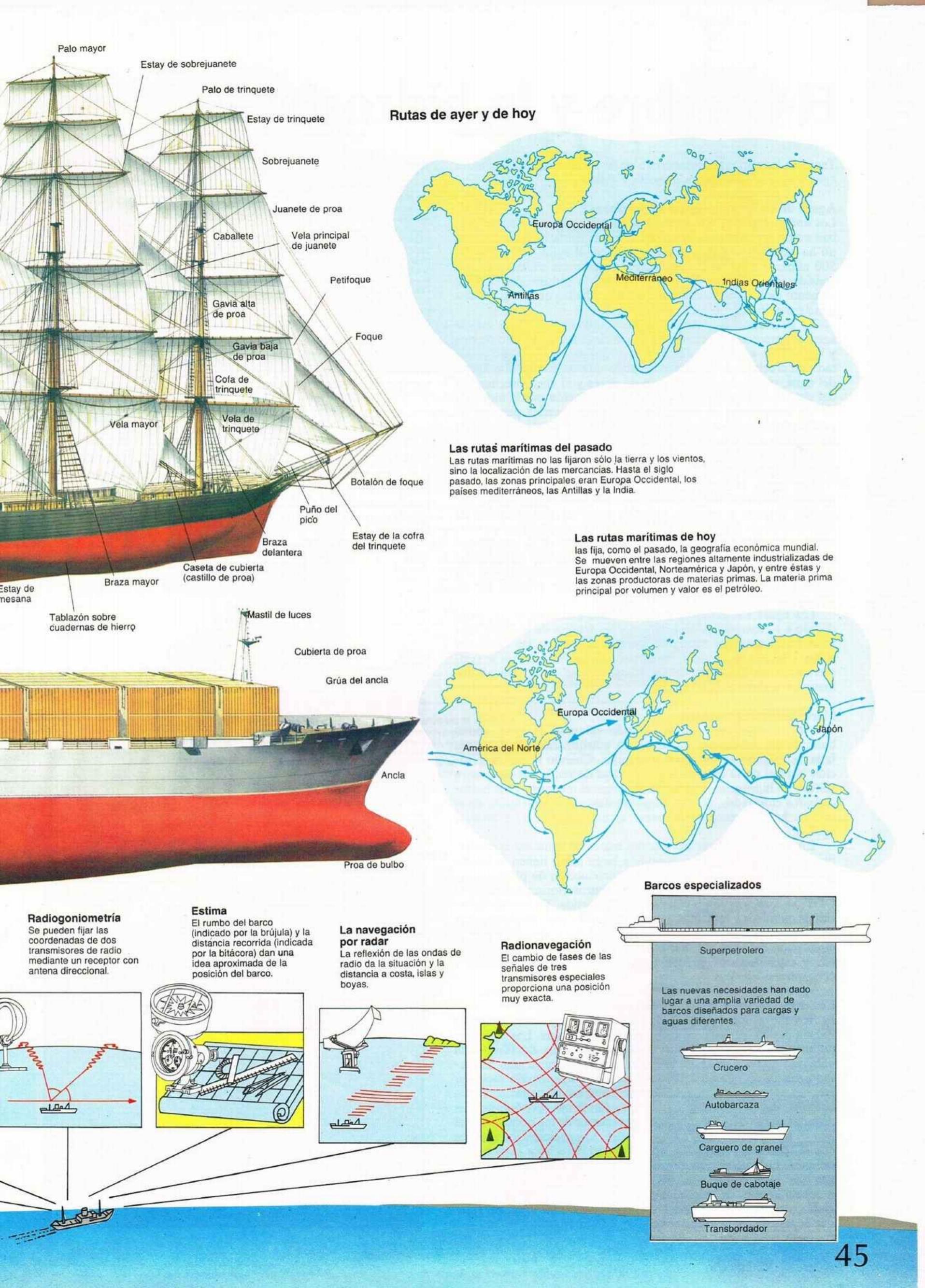
Los puertos, como los barcos, han cambiado. El aumento del tamaño de los barcos y la creciente demanda de espacio para el manejo de cargas han hecho que los puertos se trasladaran de las ciudades a nuevos emplazamientos en aguas profundas. El contenedor supone otro cambio importante. La idea no es nueva, la Edad Media tenía su propio sistema de unidades de carga en el barril o tonel. La palabra francesa tonel, «tonne», dio nombre a la unidad de medida. Los modernos contenedores estandarizados (de una longitud de 24 y 48 pies) han hecho variar los diseños y las labores de puertos y barcos. Los barcos tienen ahora un tiempo de estancia en puerto muy breve y la navegación tiende a concentrarse en unos pocos centros grandes. El puerto de más tráfico hoy día es Rotterdam, con un registro de unos 270 millones de toneladas de carga en 1978.

#### Las demoras (ángulos horizontales) de dos puntos cuya posición es Orientándose en el mar conocida pueden leerse en una tabla de demoras, determinando En alta mar y en aguas costeras peligrosas, tiene una importancia vital conocer la situación exacta de una. asi la posición de la embarcación. Los navegantes modernos emplean muchos embarcación. métodos: La navegación astronómica La altura del Sol o de una estrella equivalente sobre el horizonte en una posición sur da la latitud. La longitud puede determinarse registrando el momento exacto de la lectura. La altura del Sol se mide con un sextante.

Puente de vehiculos

Timón

Hélice



# El hombre y la hidrosfera

Tanto en las regiones áridas como en las zonas industrializadas, el agua limpia es una sustancia escasa y valiosa.

Aguas de superficie y aguas subterráneas

Los antiguos persas que habitaban estepas y desiertos consideraban como sagrada toda el agua corriente. En la lluviosa Europa no ha existido esta sana reverencia hacia el agua. Hace más de 500 años, el agua de los ríos que atraviesan las ciudades fue ya considerada peligrosa para el consumo; la industrialización, el aumento de la población y los nuevos productos químicos tóxicos

han agravado el problema.

La instalación de sistemas de alcantarillado y el mayor uso de agentes limpiadores han aumentado la cantidad de fosfato de ríos y lagos. Este exceso de alimento o eutrofización da como resultado un crecimiento explosivo de algas que consumen el oxígeno del agua, produciendo la muerte de peces y el empobrecimiento del sistema ecológico. La descuidada eliminación por la industria de los compuestos de mercurio y de otros metales pesados ha producido una grave contaminación del agua. Según avanza por las cadenas alimentarias, el mercurio se concentra hasta producir graves daños a los nervios de las aves que se alimentan de peces y a los seres humanos.

Las aguas residuales pueden purificarse. Anteriormente se realizaba mediante un proceso mecánico de sedimentación y filtración. Hoy día se emplean métodos químicos para precipitar las sales nutritivas y métodos biológicos para añadir oxígeno a las aguas residuales, acelerando la descomposición de la materia orgánica. Gracias a un eficaz programa de tratamiento de aguas residuales, el río Támesis puede vanagloriarse de contar hoy con 105 especies de peces; en agosto de 1983, por primera vez en 150 años, se capturó un salmón con caña.

Las aguas subterráneas están también amenazadas, en parte debido a su extracción. El petróleo y los fenoles de los basureros y los fertilizantes de nitrógeno pueden envenenar las aguas del suelo. Una vez en el suelo, los nitratos de los fertilizantes se convierten en nitritos que pueden transformarse en el cuerpo hu-

mano en sustancias cancerígenas.

Mares interiores y océanos

Los mares interiores, con su limitado volumen de agua, tienen bastante en común con los lagos. La eutrofización produce una falta de oxígeno en las aguas profundas. Cuando la descomposición normal de la materia orgánica deja de realizarse, se genera sulfuro de hidrógeno. Los venenos, como el mercurio y los hidrocarburos clorinados, pueden alcanzar altas concentraciones; en el Báltico han afectado a los peces e, indirectamente, a focas y águilas.

En los océanos, con sus grandes masas de agua, estos problemas no son tan evidentes, aunque a largo plazo tienen la misma gravedad. Existe el peligro de que la producción de plancton vegetal se vea reducida por los hidrocarburos clorinados como el DDT, encontrado en pingüinos de la Antártida. El vertido de residuos químicos y radiactivos en zonas de alta mar despierta preocupación en los últimos años. No conocemos suficientemente la circulación del agua del mar entre las profundidades y la superficie, y estos venenos pueden invadir las cadenas alimentarias y concentrarse en ellas.

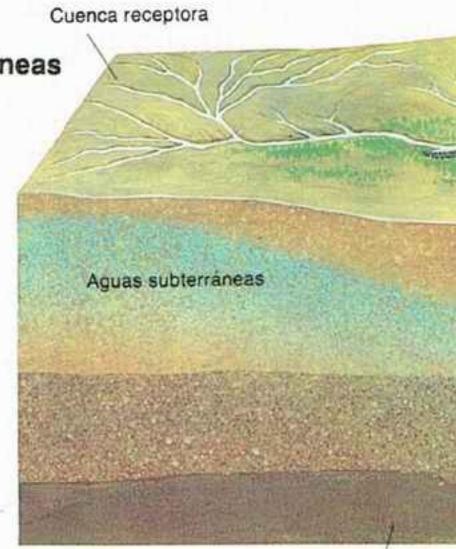
Los derechos sobre las aguas terrestres y marítimas

El derecho a usar las aguas de los ríos que atraviesan fronteras nacionales ha causado a veces conflictos locales. Los derechos del mar producen disensiones a escala global. La doctrina de la «libertad de los mares» de los siglos xviii y xix es ya algo del pasado. En la década de 1970 las naciones empezaron a reclamar amplias zonas de mar y actualmente las aguas de zonas cerradas, como el Mar del Norte, están divididas en zonas económicas. Las disputas por el derecho a utilizar los recursos de los océanos libres han creado desacuerdos internacionales. Las naciones industriales con la tecnología necesaria reivindican su derecho a explotar los océanos. Los países pobres y los que no tienen salida al mar exigen que estos recursos se administren internacionalmente como herencia común de la humanidad. La tensión ha disminuido en cierta medida al moderarse las exageradas expectativas de grandes beneficios en la explotación del fondo marino.

Aguas de superficie y subterráneas

La mala gestión del hombre

La destrucción de la vegetación del suelo y el drenado de tierras húmedas disminuye la infiltración de las aguas de superficie, haciendo bajar el nivel de la capa freática, que puede descender aun más por las excesivas demandas para fines municipales e industriales: se extrae el agua dulce, se emplea en hogares e industrias y se vuelve a liberar como agua de superficie contaminada. Los regadios intensivos, por otro lado, pueden aumentar las infiltraciones hasta que el nivel freático llega a la superficie. En las regiones áridas, la evaporación excepcional de los suelos anegados provoca la precipitación de las sales de estas aguas subterráneas y con el tiempo el suelo salino se vuelve inservible para la agricultura.



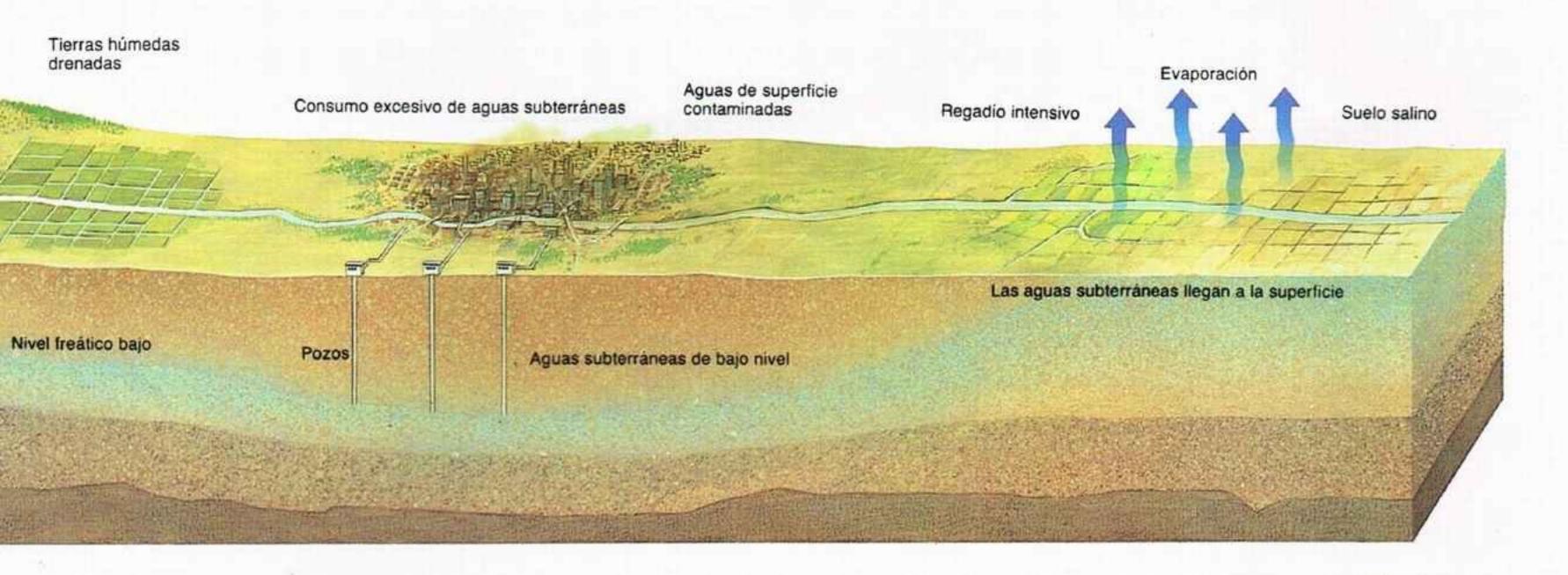
Roca madre

Las perspectivas no son totalmente negativas. Se han firmado y puesto en práctica acuerdos internacionales sobre el vertido de petróleo en aguas vulnerables, aunque tales acuerdos se violan con frecuencia, demuestran que se puede llegar a acuerdos en temas concretos, espíritu con el que se deberían proseguir las conversaciones.

Muertos por el petróleo

En muchas aguas es ilegal verter agua de lastre mezciada con petróleo, aunque se sigue haciendo. Las verdaderas catástrofes petroliferas se producen cuando se hunden los grandes petroleros (abajo). La limpieza posterior es una tarea costosa que lleva tiempo. La muerte de muchas aves marinas (derecha) despierta la indignación pública, aunque la contaminación petrolífera es más peligrosa para los organismos que están bajo la superficie: peces y alevines, crustáceos y algas. En la actualidad se procura eliminar el petróleo del agua mediante productos químicos en lugar de hundirlo.

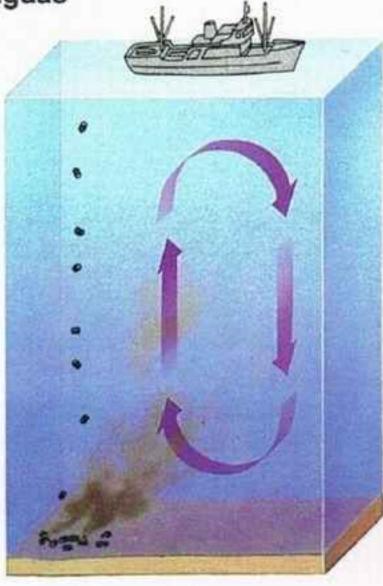




El envenenamiento de las aguas del globo

#### Vertidos en el mar

La práctica de verter residuos químicos y radiactivos en las profundidades marinas data ya de algunos años. Con el tiempo los contenedores pueden sufrir los efectos de la erosión, liberando su contenido venenoso en el agua. No se conoce aún bien la circulación de las aguas profundas y superficiales (flechas) y puede que este proceso sea más rápido de lo que pensábamos, con lo que los venenos se extienden a los estratos biológicamente activos. Los oceanógrafos han descubierto corrientes en las partes más profundas del océano.

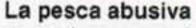


#### La eutrofización,

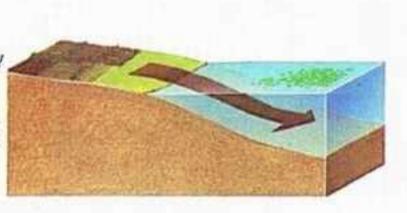
la sobrealimentación del agua, produce la proliferación de las algas y la falta de oxigeno en el agua. Puede deberse a los fósforos de nitrógeno de las aguas residuales o, como aqui, a los fertilizantes nitrogenados de las tierras de cultivo.

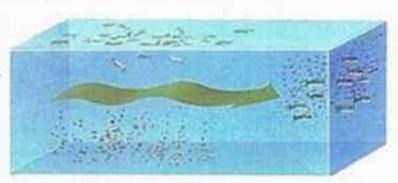
#### El envenenamiento del medio ambiente

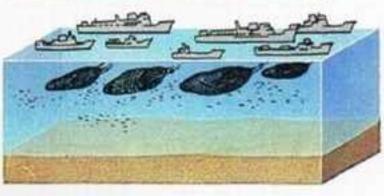
se ha incrementado debido a la industria y la agricultura. Las sustancias tóxicas, como el DDT y el PCB, producen graves daños en los mares interiores, como el Báltico, donde el ritmo de intercambio del agua no es muy grande.

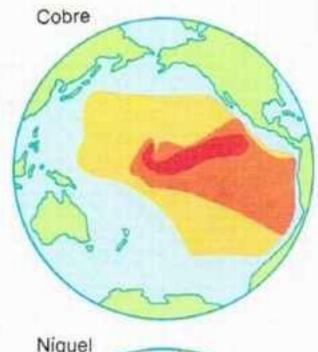


no conduce necesariamente a la exterminación, aunque altera el equilibrio entre las diferentes especies. Cuando disminuyen las capturas, surgen graves problemas para pescadores e industrias pesqueras.











Menos del 0.5%

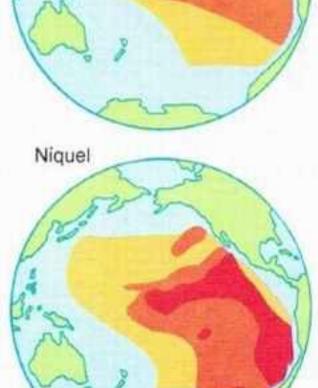
0,5-1%

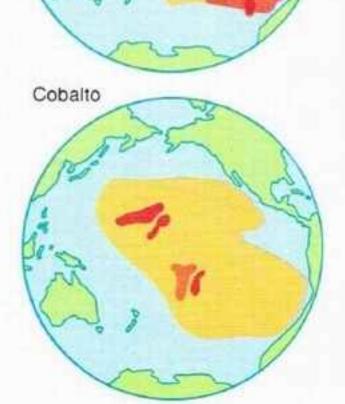
Más del 1%

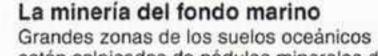
#### Los muros en el mar

se han hecho realidad en los últimos años, no fisicamente, pero si legalmente. Las plataformas continentales se han dividido entre las naciones que bordean

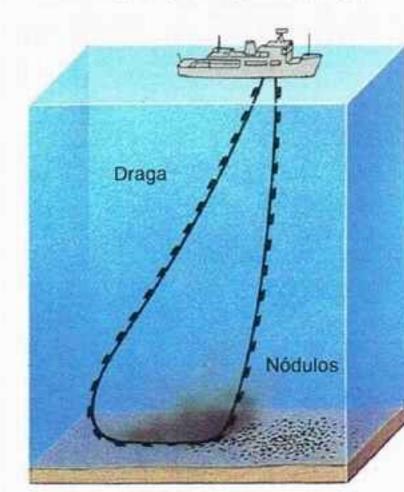
los mares, dándoles el derecho de explotar los recursos naturales (abajo, Mar del Norte). Los países sin salida al mar o con poco litoral han sido los perdedores.

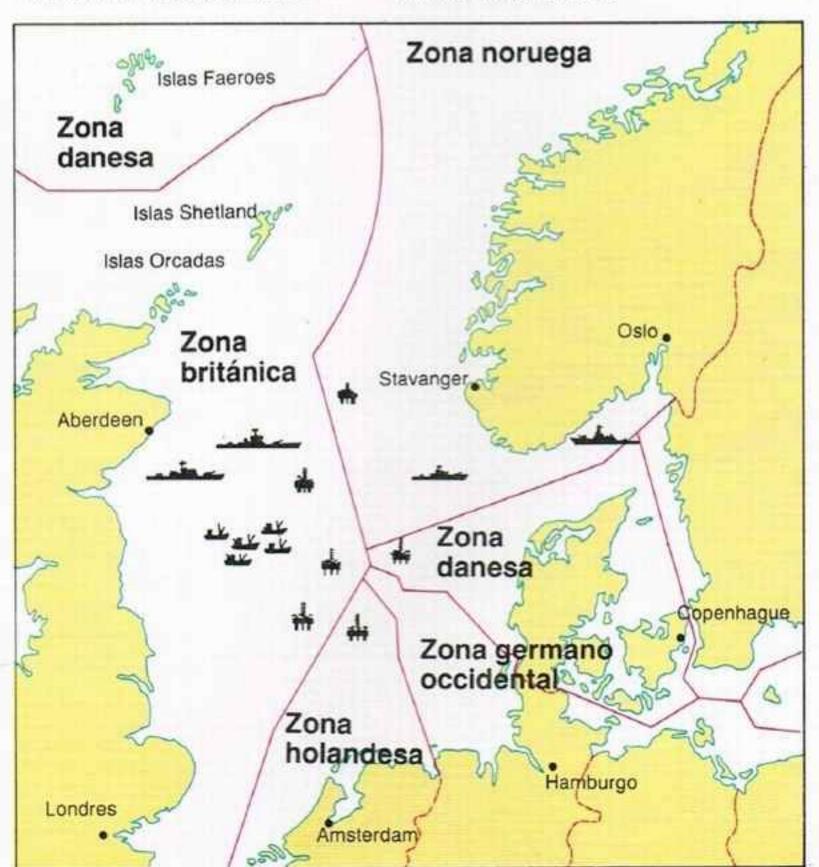


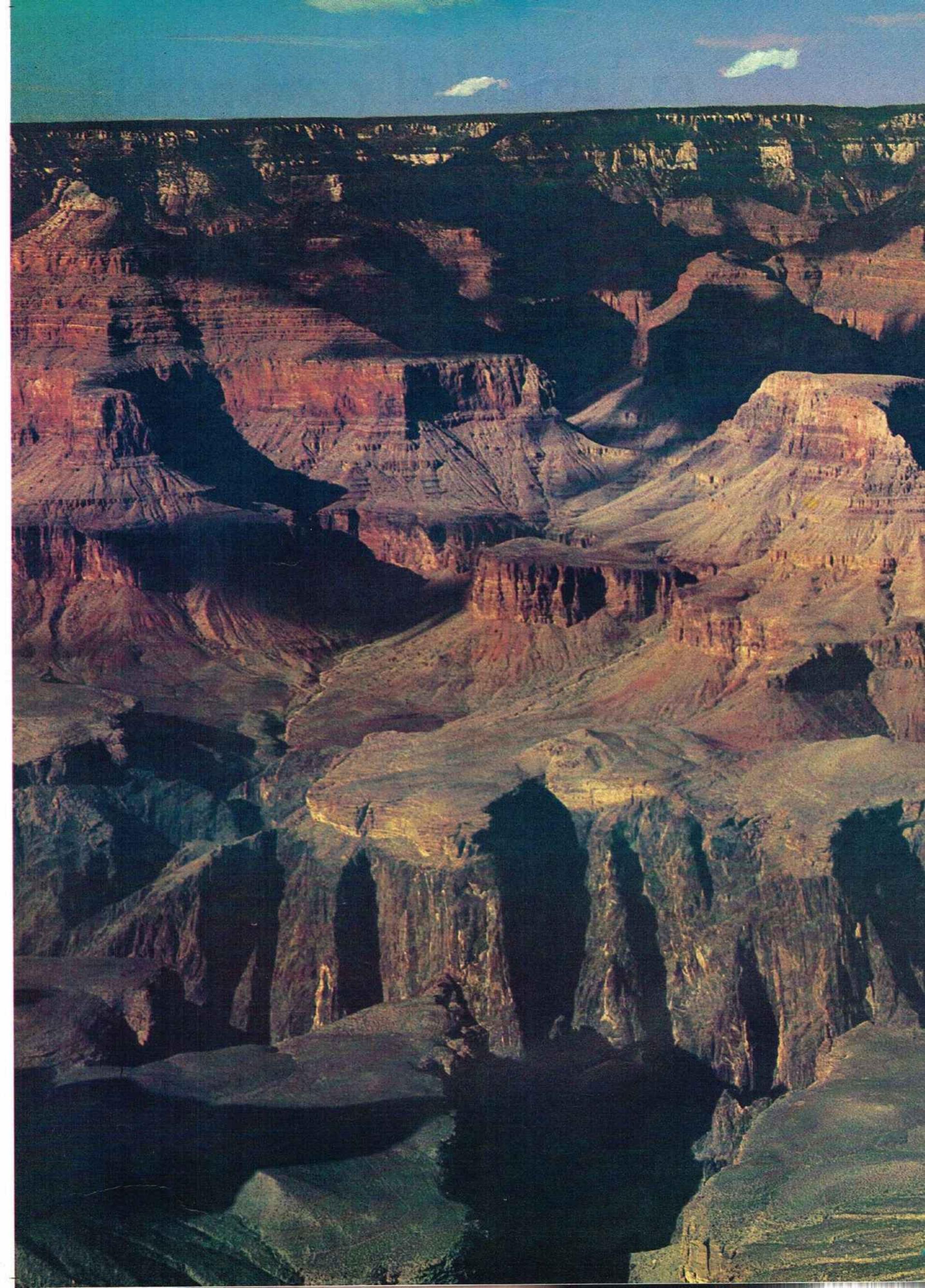


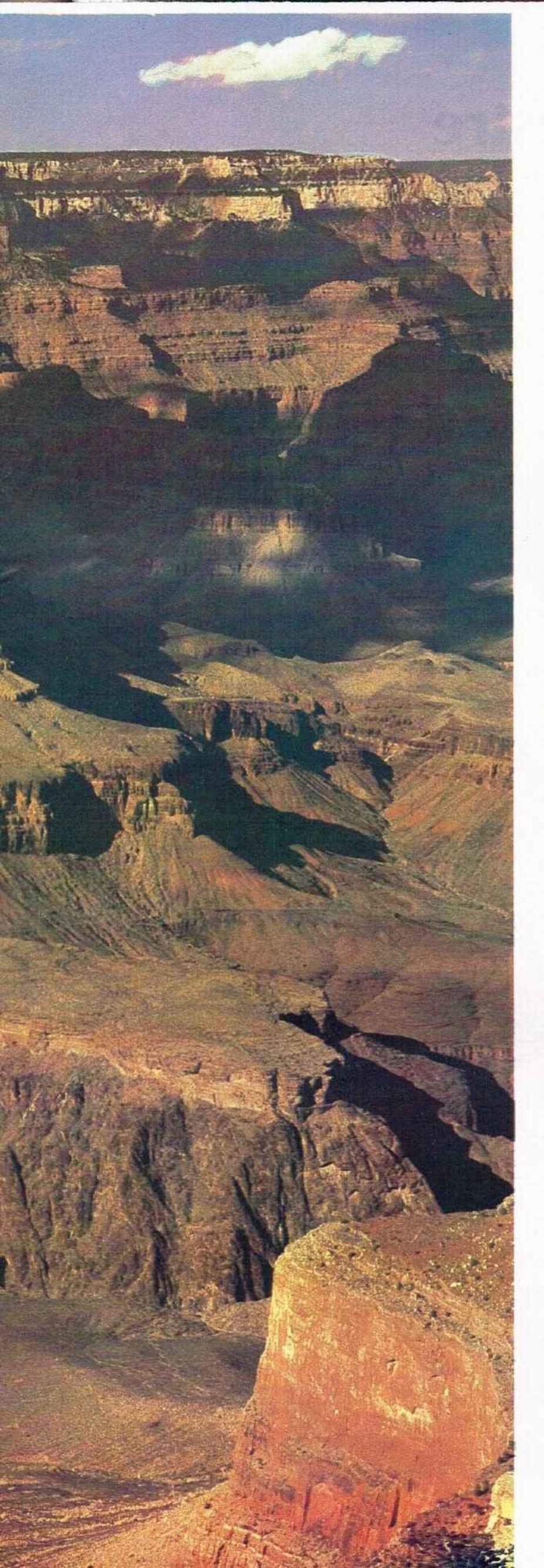


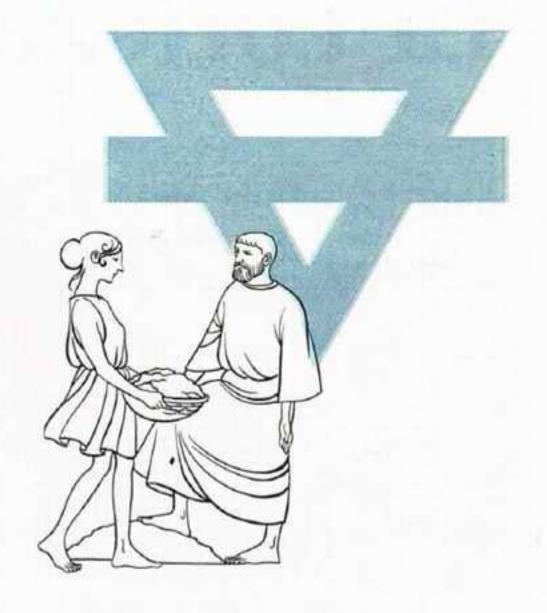
están salpicadas de nódulos minerales del tamaño de un puño. Contienen principalmente manganeso, además de cierta cantidad de cobre, níquel y cobalto; la proporción varia según su localización (mapa, izquierda). Hay proyectos avanzados para la explotación de estos gecursos minerales. Uno de estos proyectos consiste en dragar el lecho del Pacifico mediante un sistema gigantesco de dragado por cangilones (abajo).











## La Tierra

La Tierra es una sustancia tangible. Pero nada en ella resulta notable a primera vista, por lo que su elevación a uno de los cuatro elementos primarios debió quizá de producirse con poca convicción y sólo porque la materia en estado sólido requería también un lugar entre los elementos primigenios, junto con el gas aire y el líquido agua. No es, pues, sorprendente que ninguno de los primeros filósofos reconociera la importancia fundamental de la Tierra.

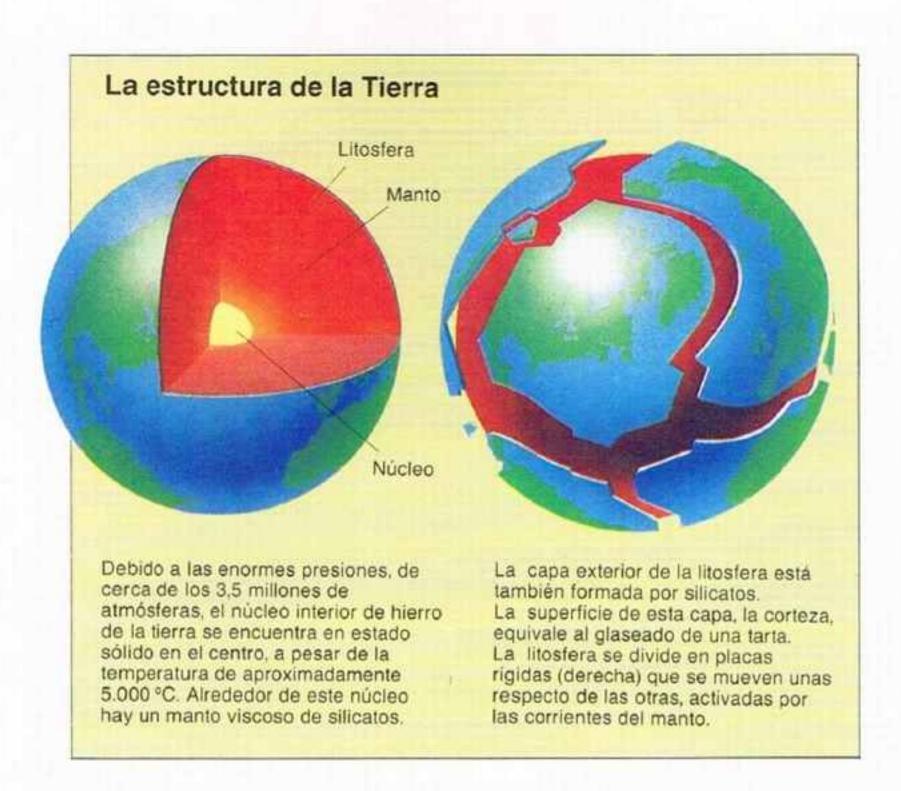
No obstante, esto no significa que la corteza terrestre y la materia que contiene no fueran tema de especulación filosófica. Se extrajeron metales del suelo, y la transformación, mediante el fuego incandescente, del mineral gris en metal reluciente inflamó la imaginación del hombre: si la piedra podía convertirse en metal, ¿no se podría transmutar el plomo y otros metales viles en oro?

Así nació la alquimia de la antigua Alejandría y pasó a la Europa Medieval a través de los árabes. Las teorías de los alquimistas consistían casi enteramente en especulaciones secretas, aunque sus experimentos prácticos aportaron nuevas técnicas; por ejemplo, la destilación llevó al descubrimiento de nuevos elementos, como el fósforo, y con el tiempo sembró las semillas de la química científica.

La geología, la ciencia de la corteza terrestre, se inició en 1830, cuando el científico inglés Lyell tuvo el valor de afirmar por escrito que nuestra Tierra no había sido creada en el año 4004 a. de C., como afirmaban los eruditos teólogos, sino que tenía en realidad millones de años de antigüedad. La geofísica, la geología y la mineralogía forman la base de un grupo de ciencias especiales a las que se denomina colectivamente ciencias de la Tierra. En nuestra época se ha producido una revolución en la forma de ver la Tierra. La corteza se contempla ahora como un mosaico de placas, con los continentes desplazándose por la superficie del globo. Esta nueva teoría de la «tectónica de placas» nos ha permitido conocer la formación de minerales y menas, aunque también ha obligado a los científicos a revaluar disciplinas aparentemente inconexas, como la paleontología, la ciencia de los animales y las plantas extinguidas.

El hombre mismo se ha convertido en una fuerza geológica, excavando y volando, drenando y rellenando hasta tal punto, que en muchos lugares sus implacables actividades han expuesto al suelo a los estragos de la erosión. El estrato superficial de vida que cubre la corteza de la Tierra, la biosfera, depende esencialmente de la frágil capa de suelo que existe bajo la superficie verde. Nosotros formamos parte de ese estrato vulnerable, aunque solemos olvidarlo, en nuestra búsqueda de beneficios a corto plazo.

### La corteza terrestre





#### La deriva de los continentes

Los científicos están intentando reconstruir el aspecto de la Tierra durante las primeras eras geológicas con ayuda de los datos paleomagnéticos. Estos datos indican la orientación de las particulas magnéticas de los minerales según el campo magnético de la Tierra en la época en que éstos se formaron. La tarea es ardua y las diversas reconstrucciones difieren con frecuencia en los detalles.

#### La Tierra hace 300 millones de años

Durante el periodo Carbonifero los continentes se juntaron. Posteriormente, en la era Mesozoica formaron un supercontinente, el «Pangea» de Wegener.

#### Hace 180 millones de años

En el Jurásico el supercontinente habia comenzado a dividirse. Fue la época de máximo esplendor de los dinosaurios.

#### Hace 60 millones de años

Al comienzo de la era Cenozoica, tras la extinción de los dinosaurios, el Atlántico Sur era ya un océano abierto. La India se estaba desplazando hacia Asia, aunque Australia estaba todavia unida a la Antártida.

#### La Tierra hoy

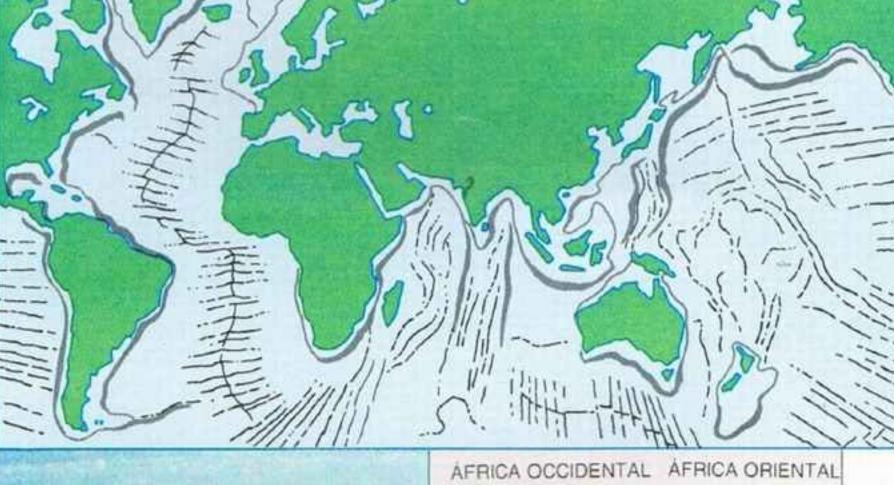
Los contornos de los continentes no han cambiado mucho en 300 millones de años. Sin embargo, su situación actual no es más que la última fase de un proceso de cambio constante. Los estudios de las dorsales (abajo) y de las zonas de fractura han permitido a los científicos descifrar los movimientos de las placas de la corteza.

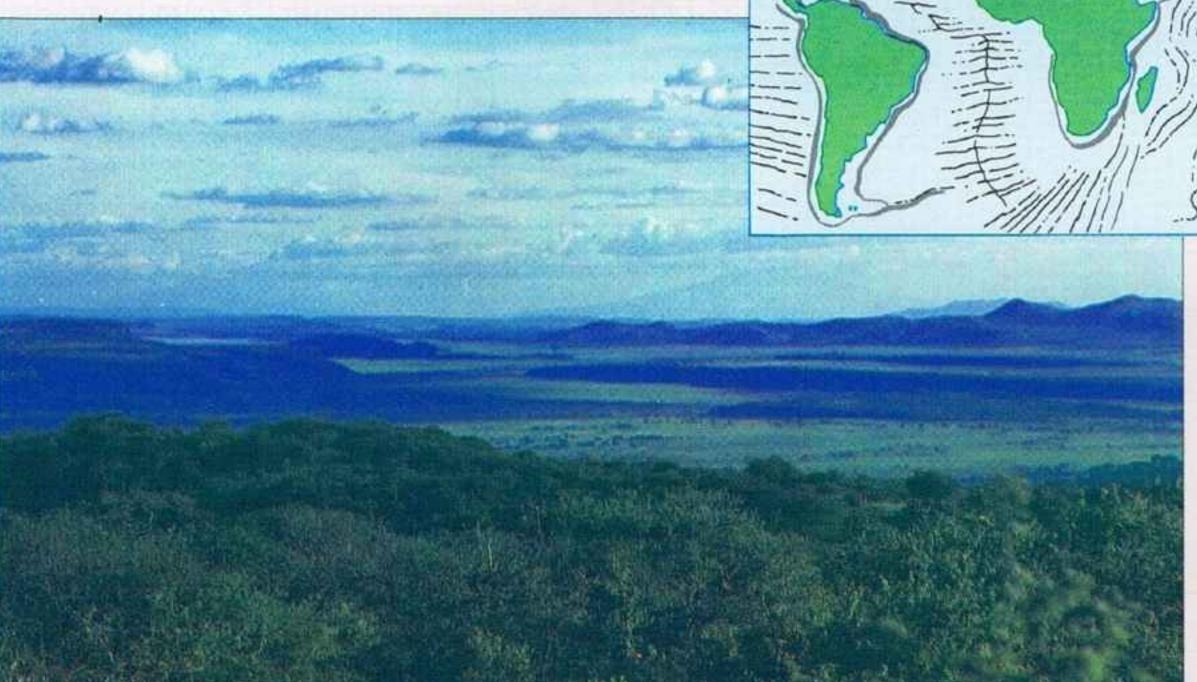


#### Alfred Wegener

publicó su teoría de la «deriva continental» en 1912. Elaboró esta idea al comprobar que Africa y América del Sur encajan a lo largo de los límites de su plataforma continental y se han encontrado los mismos fósiles a ambos lados del Atlántico Sur. Sin embargo, esta teoria no fue aceptada universalmente hasta mediados de 1960. Wegener murio durante una expedición a Groenlandia en 1930.







#### División de un continente

Los continentes se pueden unir y separar. Este último proceso se está dando a lo largo del Rift Valley (foto). África Occidental y África Oriental se están separando a lo largo de los 4.000 kilómetros de esta falla (arriba). El vulcanismo es común en el Rift. Valley. En el futuro, cuando África Oriental, desde el sur de Etiopia al norte de Mozambique, se convierta en un minicontinente, el Rift Valley será un brazo de mar.

Al estudiar cómo se propagan las ondas sísmicas por la Tierra, los científicos han descubierto que su estratificación es vertical. El núcleo de hierro fundido está rodeado de un manto de silicatos viscosos. La corteza de la Tierra tiene un grosor de 20-70 km por debajo de los continentes, aunque éste es sólo de 6-7 km bajo los océanos, es decir, aproximadamente una milésima parte del radio de la Tierra. Junto con el estrato superior del manto, la corteza forma una zona denominada litosfera.

Hace tan sólo veinte años se creía que esta delgada corteza era rígida e inmóvil. Al comienzo del siglo, el climatólogo alemán Alfred Wegener observó que el clima había variado de una manera aparentemente errática en épocas geológicas anteriores. Intentó explicar este hecho postulando que los continentes se habían «desplazado». Durante el Mesozoico anterior, hace aproximadamente doscientos millones de años, toda la masa terrestre formaba un continente único e inmenso, «Pangea», que posteriormente se subdividió. Wegener declaró que los continentes se habían abierto paso a través de la corteza oceánica fija. Con razón, los geólogos se negaron a aceptar esta teoría.

Pero al comienzo de la década de 1960, con nuevos instrumentos, los oceanógrafos comenzaron a medir la gravitación, el magnetismo y la corriente térmica en las dorsales centro-oceánicas. Descubrieron que estas dorsales son fracturas en las que se está continuamente formando nueva corteza oceánica hasta que, posiblemente entre 150 y 200 millones de años después, se desin-

tegra en las fosas oceánicas, lejos de su lugar de origen.

Ahora sabemos que la litosfera se divide en placas relativamente rígidas que se separan entre sí como bloques de hielo en una corriente de agua. Estas placas incorporan bloques de la corteza continental o «cratones». Si bien, en términos geológicos, los lechos marinos son recientes y están formados por rocas volcánicas homogéneas, los continentes son antiquísimos y están formados por diferentes tipos de rocas. Se han dividido y colisionado repetidas veces, y a sus flancos se han fijado fragmentos de sedimentos y rocas oceánicas. Estos movimientos han producido pliegues, fallas y volcanes en la periferia de los continentes. Esta nueva teoría de la tectónica de placas ha producido una auténtica revolución en geología.

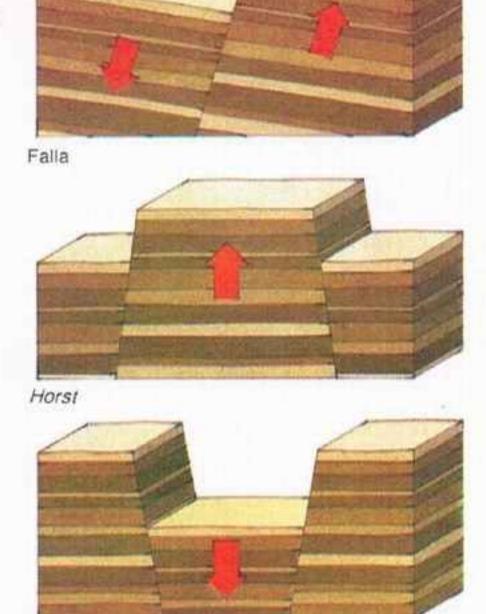
Desde hace 200 años se están realizando estudios científicos de la estructura de los continentes, que han aportado importantes conocimientos sobre los orígenes de las rocas y los suelos. Ya en el siglo xviii se conocía cómo las rocas magmáticas surgen del interior de la Tierra, cómo se alteran y cómo los fragmentos minerales forman sedimentos lejos de las rocas originales. Con el tiempo, procesos químicos unen estos fragmentos formando rocas sedimentarias. Las altas presiones y temperaturas de las zonas de colisión de la corteza pueden convertir las rocas sedimentarias en rocas metamórficas. Si éstas se elevan a la superficie y se exponen a los efectos de la meteorización, comienza de nuevo todo el ciclo geológico: transporte, sedimentación, consolidación y metamorfosis. En tierra este ciclo es fragmentario y errático en comparación con la inmensa maquinaria geológica de los océanos.

#### Movimientos verticales de la corteza

Los movimientos a gran escala de la corteza terrestre son casi enteramente horizontales, aunque los cambios locales son con frecuencia verticales. Estos extraen su fuerza motriz principalmente de los movimientos horizontales de las placas, aunque pueden producirse a gran distancia de sus limites. Los mecanismos de las fallas geológicas (derecha) se estudiaron con detalle mucho antes de que los geólogos comprendieran o incluso sospecharan la existencia de movimientos de las placas.



Una falla ordinaria (arriba, derecha) se produce mediante movimientos verticales a ambos lados de una línea de falla. Los horsts (medio) surgen cuando un bloque largo y estrecho de roca es impulsado hacia arriba, mientras que un graben (abajo) se forma cuando se hunde el bloque de roca madre. Estas ilustraciones están estilizadas. En la realidad, los contornos de los bloques quedarian suavizados por la degradación de las vertientes.



#### Rocas de la corteza terrestre



Las rocas magmáticas

se forman cuando surge el magma fundido de la capa superior de la Tierra. En la fotografía se aprecia una roca de granito, de grano grueso. Cuando el magma sale a la superficie se le denomina lava.

Formación de los tipos de roca

A diferencia de la corteza oceánica. homogénea, la corteza continental está formada por parches de tipos de rocas de diferentes periodos y diferentes origenes. Las rocas magmáticas son las más primitivas, aunque no siempre las mas antiguas. Los otros tipos de rocas, a excepción de las formaciones orgánicas como el carbón, son productos secundarios de los fenómenos de erosión. transporte, depósito y transformación de rocas más antiguas. Debido a los movimientos de la corteza, estas rocas pueden encontrarse lejos de sus lugares de formación. Su estructura y composición dan a los científicos pistas para determinar su origen.



Las rocas sedimentarias

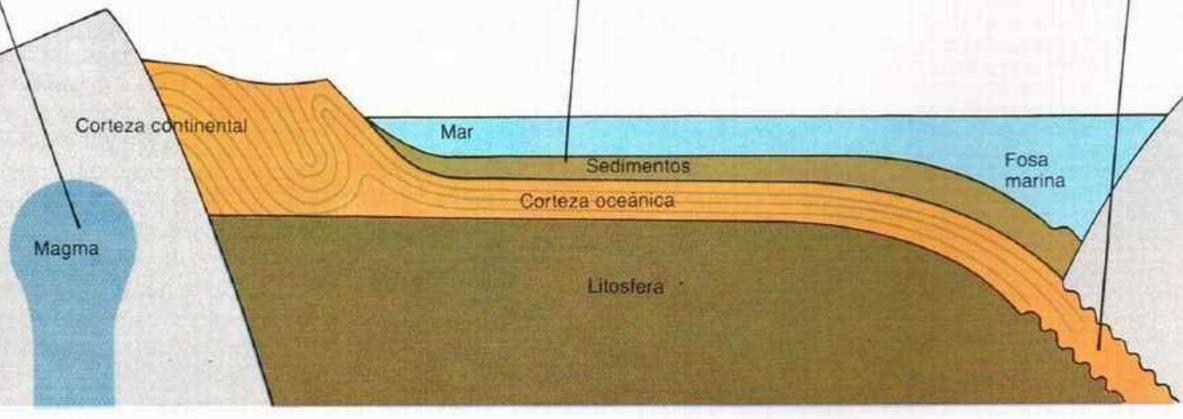
se suelen depositar en el agua. Esta caliza del Jurásico tiene una estructura claramente estratificada.



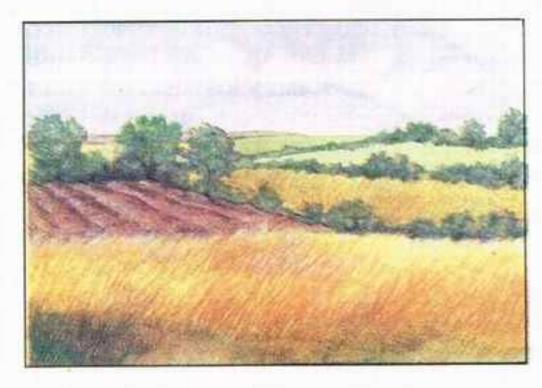
Las rocas metamórficas

Graben

(gneis en la fotografía) se forman al transformarse las rocas magmáticas o sedimentarias debido a altas presiones y/o altas temperaturas.

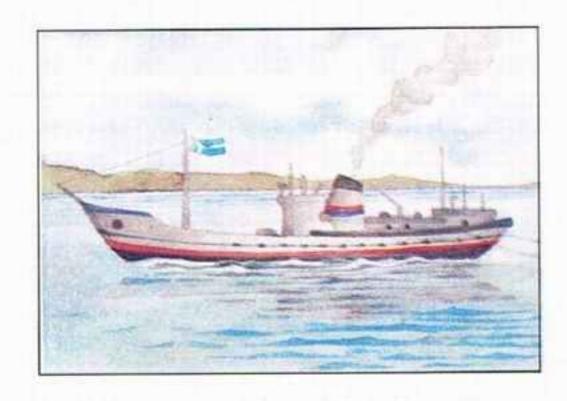


## La dinámica terrestre



#### Las zonas interiores de los continentes

se alzan en torno a grandes bloques de granito que desde hace tiempo no han sufrido alteraciones por efecto de los procesos geológicos más espectaculares. Consecuentemente, las rocas continentales son las más antiguas del mundo, con una antigüedad de hasta 3.800 millones de años.



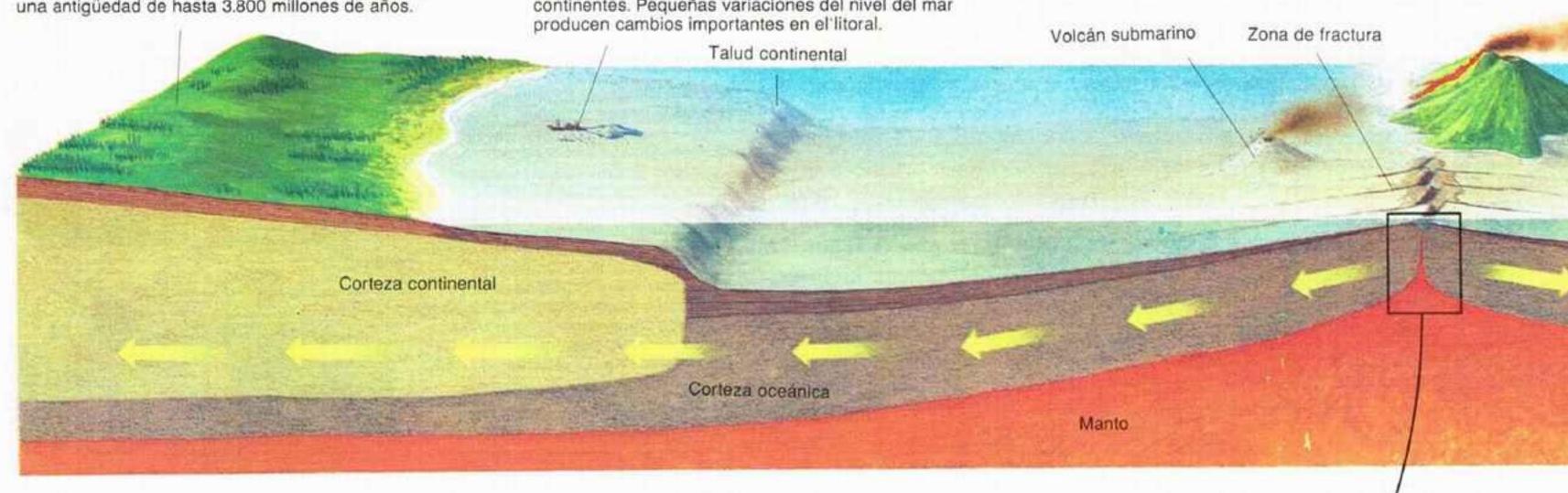
#### Las aguas poco profundas situadas sobre las plataformas continentales

son, en realidad, continentes inundados. Algunas de estas zonas marítimas fueron tierra seca en épocas anteriores, mientras que en otras partes el mar cubria zonas que actualmente forman parte de los continentes. Pequeñas variaciones del nivel del mar



#### Las dorsales centro-oceánicas

son zonas en las que la corteza se está renovando constantemente. El vulcanismo activo hace a veces surgir partes de tales dorsales sobre la superficie del mar. Ejemplos típicos son Islandia, la Isla de Ascensión y Tristán da Cunha.

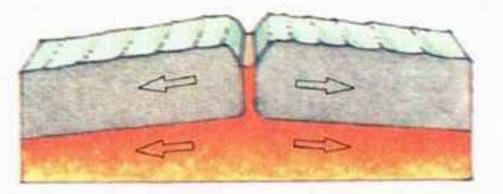


#### AMÉRICA DEL SUR OCÉANO ATLÂNTICO Islas Malvinas Patagonia ierra del Fuego Cabo de Hornos OCÉANO PACÍFICO La corteza continental y oceánica Corteza continental Corteza oceánica Manto Corteza Dos tipos de corteza La corteza continental es aproximadamente un 16 por 100 más ligera que los basaltos Manto

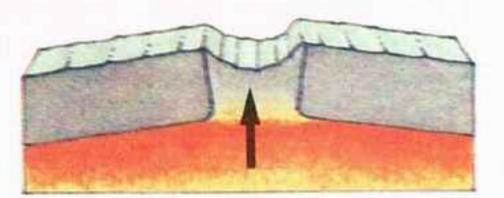
Núcleo

#### Cómo se renueva la corteza

La nueva corteza se forma donde dos placas se separan debido a los movimientos del manto subyacente, formado por magma liquido. Esta renovación tiene lugar principalmente en las dorsales centro-oceánicas, aunque también puede producirse en los puntos de separación de los continentes.

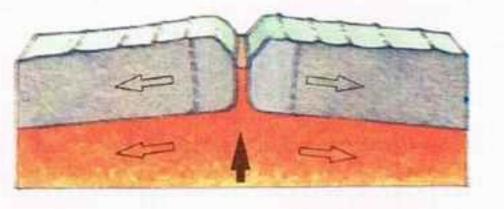


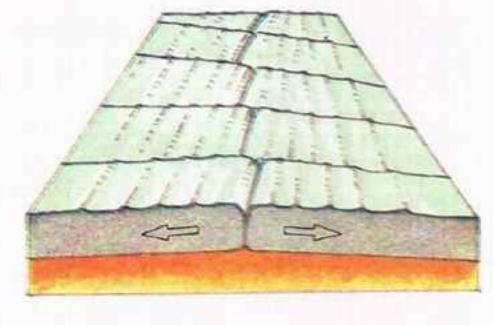
La fractura que se forma entre las placas es rellenada inmediatamente por el magma que surge del manto inferior. La corteza oceánica está formada por estas rocas de lava, que desarrollan forma de almohadilla al endurecerse rápidamente bajo el agua.



Entre tanto continúan los movimientos del manto, repitiéndose el proceso con gran rapidez: se forman fracturas, se rellenan, se vuelven a formar...

Debido a este proceso continuo, la corteza oceánica se compone de largas franjas de rocas formadas simultáneamente que van paralelas a las dorsales. Ésta tiene con frecuencia un valle central, donde se encuentra la fisura. Las zonas de fracturas transversales se extienden hacia el exterior. A lo largo de estas zonas, la corteza se desplaza ligeramente, ya que los movimientos del manto no tienen la misma amplitud en todos los puntos de la cadena.





de la corteza oceánica. Así se puede decir que los continentes

flotan como masas de hielo

sobre los lechos oceánicos.

por què la superficie de los continentes está generalmente

Este efecto isostático explica

sobre el nivel del mar. También

explica por qué los continentes

no se hunden en el manto de la Tierra, como el fondo marino, y

consecuentemente, por qué son

más antiguos que la corteza

alcanza su máximo espesor

bajo las cordilleras más altas.

oceanica. La corteza terrestre

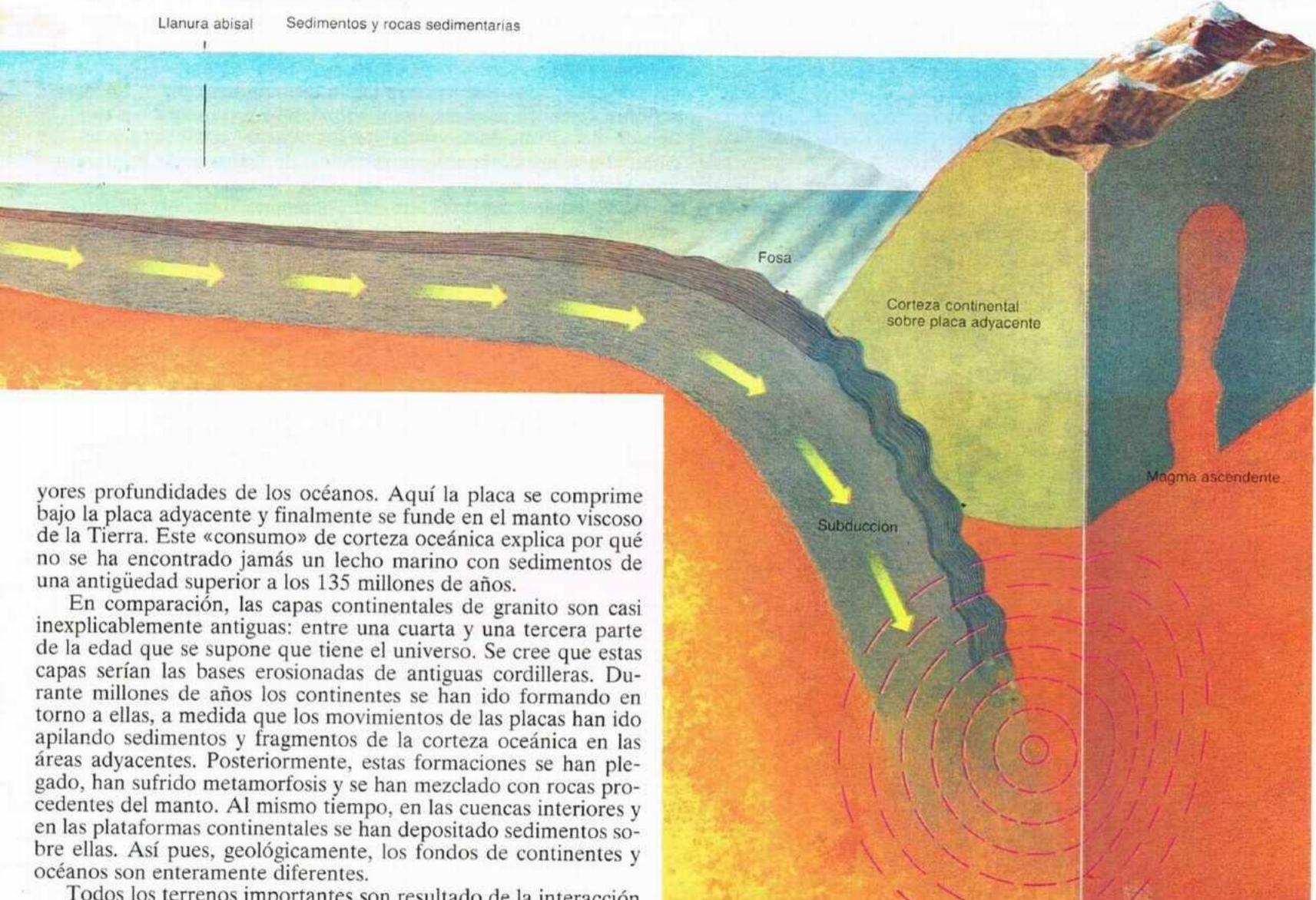
El movimiento de los continentes en la superficie de la Tierra no es más que una consecuencia del fenómeno denominado expansión de los fondos oceánicos, que se inicia en las dorsales centro-oceánicas, donde se está continuamente formando corteza oceánica. Posteriormente, la corteza se aleja de la zona de expansión a una velocidad de 1 a 10 centímetros por año. Al principio, la lava marina recién formada está totalmente desnuda, aunque gradualmente se va cubriendo de sedimentos. Así, un lecho marino recién formado cerca de la zona de expansión tiene sólo una fina capa de sedimentos, mientras que las partes más antiguas y más alejadas pueden estar cubiertas por varios kilómetros de sedimentos. Debido a su propio peso, estos sedimentos se comprimen, formando rocas sedimentarias como el gres.

Al mismo tiempo que la placa oceánica se renueva en las zonas de expansión, se está desintegrando en las zonas de subducción o consumo, que se encuentran en las fosas oceánicas, las ma-



#### Las zonas de subducción

son puntos en los que la corteza oceánica se desintegra. Si se encuentra en mar abierto, el resultado es un arco de islas volcánicas; si se encuentra pegada a un continente, se forma una cadena montañosa como Los Andes.

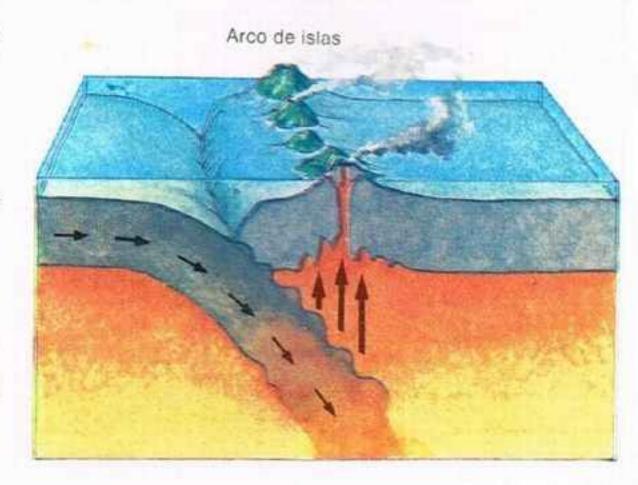


Todos los terrenos importantes son resultado de la interacción de las placas. Los temblores de superficie se producen cuando dos placas adyacentes se desplazan en direcciones contrarias, como sucede a lo largo de la falla de San Andrés en California. Los terremotos profundos se producen cuando una placa penetra en el manto a un ángulo de aproximadamente 45 grados. Consecuentemente, los temblores más profundos se producen a distancias considerables por debajo de la placa superior, a veces a una profundidad de más de 700 kilómetros. Tanto los terremotos de superficie como los profundos tienen sus centros reales muy por debajo de la superficie. Por importantes que sean los destrozos en el epicentro de la superficie, no es más que un simple reflejo de lo que ha sucedido en la profundidad de las entrañas de la Tierra.

El vulcanismo es un fenómeno bastante común en todo el sistema solar, aunque parece que los procesos tectónicos sólo se dan en la Tierra. Los científicos del futuro tendrán que determinar cuáles son las características especiales de la estructura interior de la Tierra que le dan a nuestro planeta este estatus único.

# Subducción Cuando la capa es arrastrada hacia el interior del manto se producen los terremotos profundos.

Cuando la placa se funde, las partes más ligeras de la masa fundida se elevan y pasan a engrosar la placa continental por abajo, produciendo una elevación isostática. También producen los fenómenos volcánicos.



# La meteorización

Meteorización es el término común que denomina una serie de procesos mecánicos y químicos que descomponen la roca y el suelo. Casi todos ellos están regulados hasta cierto punto por el clima. Las precipitaciones y las temperaturas son factores claves que, junto con la dureza y la composición química de rocas y suelo, determinan el desarrollo del proceso de meteorización.

Meteorización mecánica

En los climas fríos, la acción del hielo constituye la forma más común de meteorización. Los cambios de temperatura hacen que el pequeño contenido de humedad de las rocas y del suelo se hiele y se deshiele alternativamente. La acción del hielo se producirá únicamente donde las temperaturas totales varíen por encima o por debajo de cero grados y donde haya agua en estado líquido.

La presión de los cristales de hielo que se crean puede romper peñascos y la roca madre. Hay otros tipos de cristales que pueden tener los mismos efectos. Todas las aguas superficiales y subterráneas contienen sales disueltas procedentes de la lixiviación de minerales y suelos. Cuando se evapora la humedad, los cristales de

sal pueden partir las rocas porosas.

Esta acción destructora de la sal se da especialmente en el gres y en las regiones desérticas donde la evaporación es excepcional. Hasta en las condiciones más áridas las rocas tienen suficiente humedad para provocar estas fisuras. Este proceso no sólo ataca a las rocas, sino también a los edificios. En épocas modernas la construcción de presas y de regadíos a gran escala han elevado el nivel freático del valle del Nilo, hasta el punto de que sus antiguos monumentos están siendo dañados por el agua salina que se infil-

tra por la piedra porosa. También en las ciudades europeas la sal está dañando los cimientos de edificios históricos. La sal penetra en la construcción a través de la humedad del suelo que le rodea, cristalizando posteriormente.

Los cambios extremos de temperatura entre el día y la noche pueden destrozar las rocas por el proceso continuo de dilatación y contracción que se produce. Es un fenómeno común en el desierto donde, debido a la sequedad del aire, la diferencia entre las temperaturas del día y de la noche es elevada. Consecuentemente, este tipo de destrucción se debe más a la ausencia que a la presencia de humedad. Una forma de meteorización mecánica secundaria es el efecto destructor de las raíces en crecimiento.

Meteorización química

Se produce principalmente cuando los ácidos débiles de las aguas de superficie y subterráneas disuelven diferentes minerales. Cuando el dióxido de carbono se disuelve en el agua, una parte se combina con el agua, produciendo ácido carbónico, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Este ácido a su vez disuelve el carbonato de calcio de la piedra caliza. La circulación del agua en esta roca permeable puede dar lugar a cuevas y túneles. Cuando se evapora el agua calcárea, el carbonato de calcio se vuelve a precipitar en formaciones calizas. En las regiones con roca madre caliza y abundantes precipitaciones este tipo de meteorización se asocia con los paisajes cársticos (que reciben el nombre de la antigua provincia de Karst, en la frontera italo-yugoslava), con simas, dolinas, poljes y cavernas.

En los lugares donde el aire está contaminado las construcciones calizas se ven dañadas cuando el ácido sulfúrico presente en el

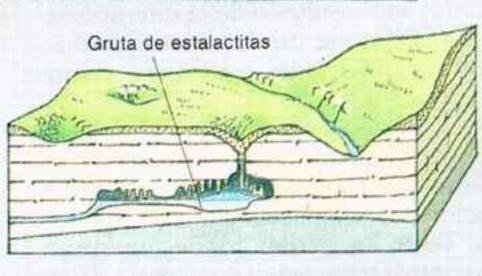


#### Paisaje cárstico

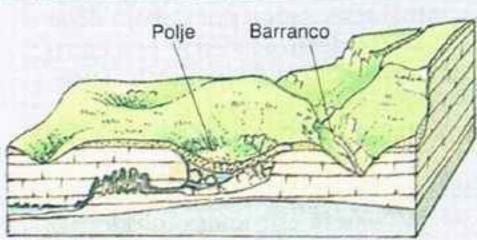
El agua se infiltra fácilmente en la piedra caliza. Los ácidos débiles del agua disuelven la cal, provocando la creación de cuevas y las formaciones características del paisaje cárstico. Los procesos cársticos han desempeñado un papel importante en la formación del paisaje del sur de China. Durante muchos siglos ha sido un motivo favorito de los paisajistos chinos (izquierda: detalle de un paisaje de la dinastía Ming, 1368-1644). Abajo: análisis del desarrollo de un relieve cárstico.



Debido a la permeabilidad de la roca madre y a la rapidez de la meteorización química, las corrientes de agua circulan principalmente bajo tierra. Desaparecen en las dolinas en forma de embudo y en los sumideros del suelo.



El ácido del agua ensancha las grutas calcáreas.
El agua calcárea que cae gota a gota forma las estalactitas del techo de la gruta y las estalagmitas de su suelo.



Las dolinas se van
ensanchando poco a poco;
al derrumbarse los sistemas
de grutas se producen
poljes en forma de ollas.
Precipicios y simas con
superficies calizas al
descubierto son otros de
los rasgos característicos
del paisaje cárstico.

aire descompone la piedra. La Acrópolis, la colina ciudadela de Atenas, amenaza con desintegrarse, y las autoridades están actualmente estudiando la posibilidad de trasladar estos edificios a un museo con aire purificado y levantar modelos de plástico en su emplazamiento original, solución que parece menos costosa que intentar limpiar la atmósfera de la capital griega, famosa por su contaminación.

Los ácidos orgánicos, formados en una capa superficial de humus, son un factor importante de los climas húmedos. No sólo los ácidos destruyen la piedra, la oxidación (el impacto del oxígeno del aire) y la hidrólisis (la disolución de los minerales de las rocas en el agua) son también causa de fenómenos de meteorización. El feldespato y la mica de los tipos de granitos más duros se pueden quebrar y provocar la desintegración de la piedra. El feldespato y la mica se transforman en hidróxidos de hierro y aluminio y en silicatos de alúmina hidratados, minerales de arcilla que forman el caolín y la bauxita. Del granito no quedan más que unos granos sueltos de cuarzo, que pueden sedimentarse y convertirse en rocas. Cuando la meteorización vuelve a atacar a estas rocas se completa el ciclo geológico.

En la naturaleza, el proceso de la meteorización es tan lento que resulta difícil percibirlo. Su importancia, sin embargo, es tremenda, ya que constituye la primera etapa de la denudación, la nivelación del paisaje. Los materiales procedentes de la meteorización forman también suelos que a su vez son esenciales para la existencia de la vegetación y la vida animal en la tierra. La meteorización ha sido un factor de importancia fundamental en la creación de madica de vida animal en la creación de madica de vida en la creación de la crea

ción de medios de vida en nuestro planeta.

#### Pliegues y denudación

La historia de la superficie de la Tierra constituye una lucha continua entre fuerzas constructivas y destructivas. Los procesos de construcción más importantes son las elevaciones y los pliegues, mientras que los procesos desintegradores principales son la meteorización y la erosión.

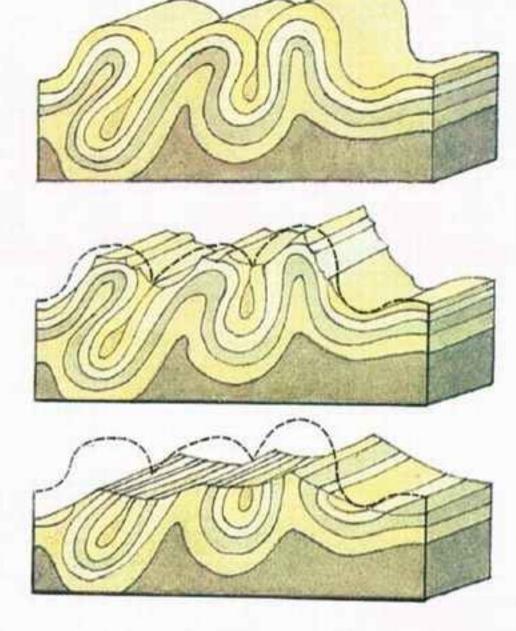
La desintegración forma parte de un proceso denominado denudación, que, a lo largo de las épocas, geológicas reduce las más altas montañas a simples colinas (abajo). La meteorización posibilita este proceso al destruir hasta los tipos de rocas más duros

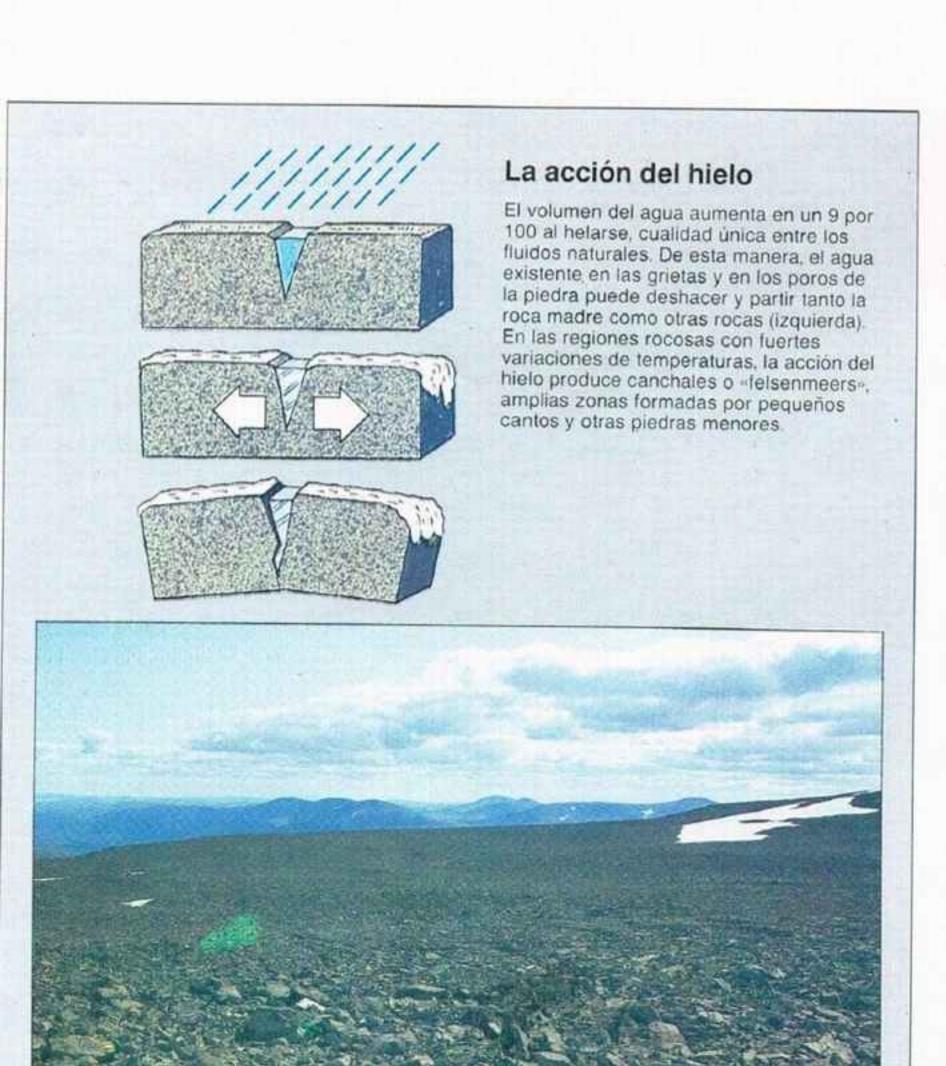
Las fuerzas horizontales de la

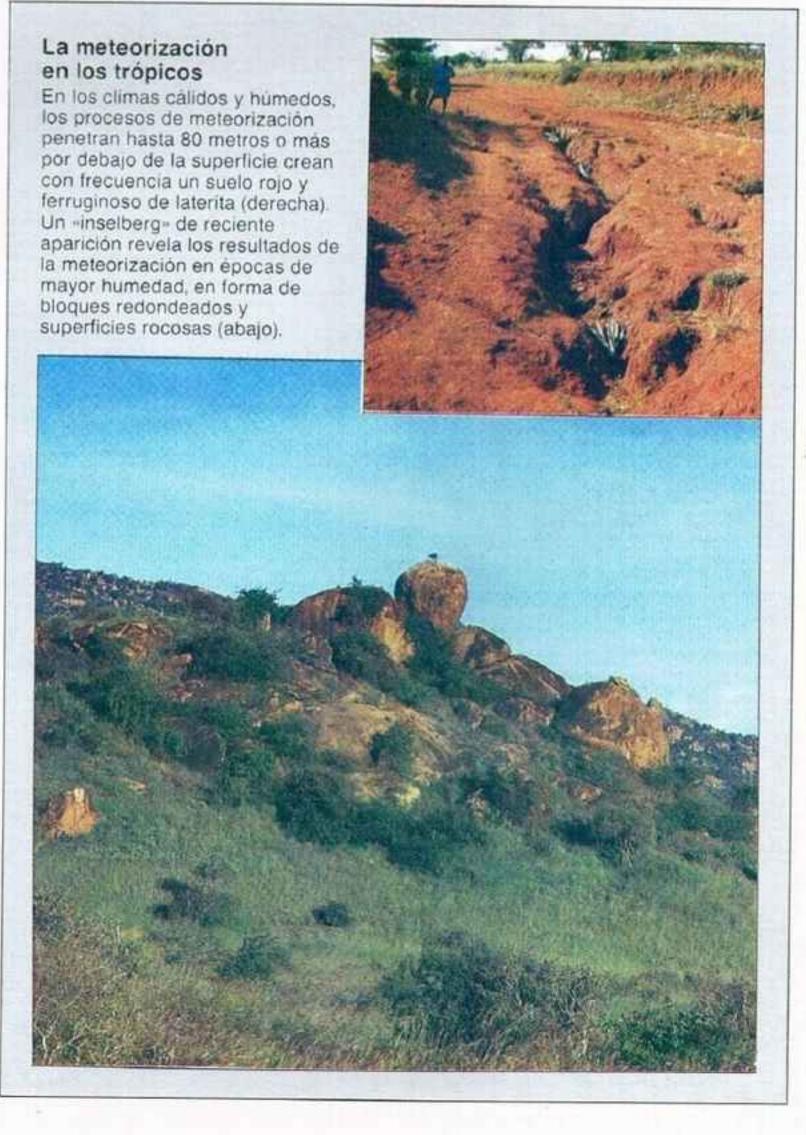
corteza terrestre pliegan los estratos de rocas sedimentarias, anteriormente nivelados. El diagrama es esquemático, en realidad no se producen relieves de este tipo...

puesto que la denudación se produce ai tiempo que los pliegues y las elevaciones. La rápida elevación y la erosión producen un relieve alpino con precipicios, cordilleras y picos espectaculares

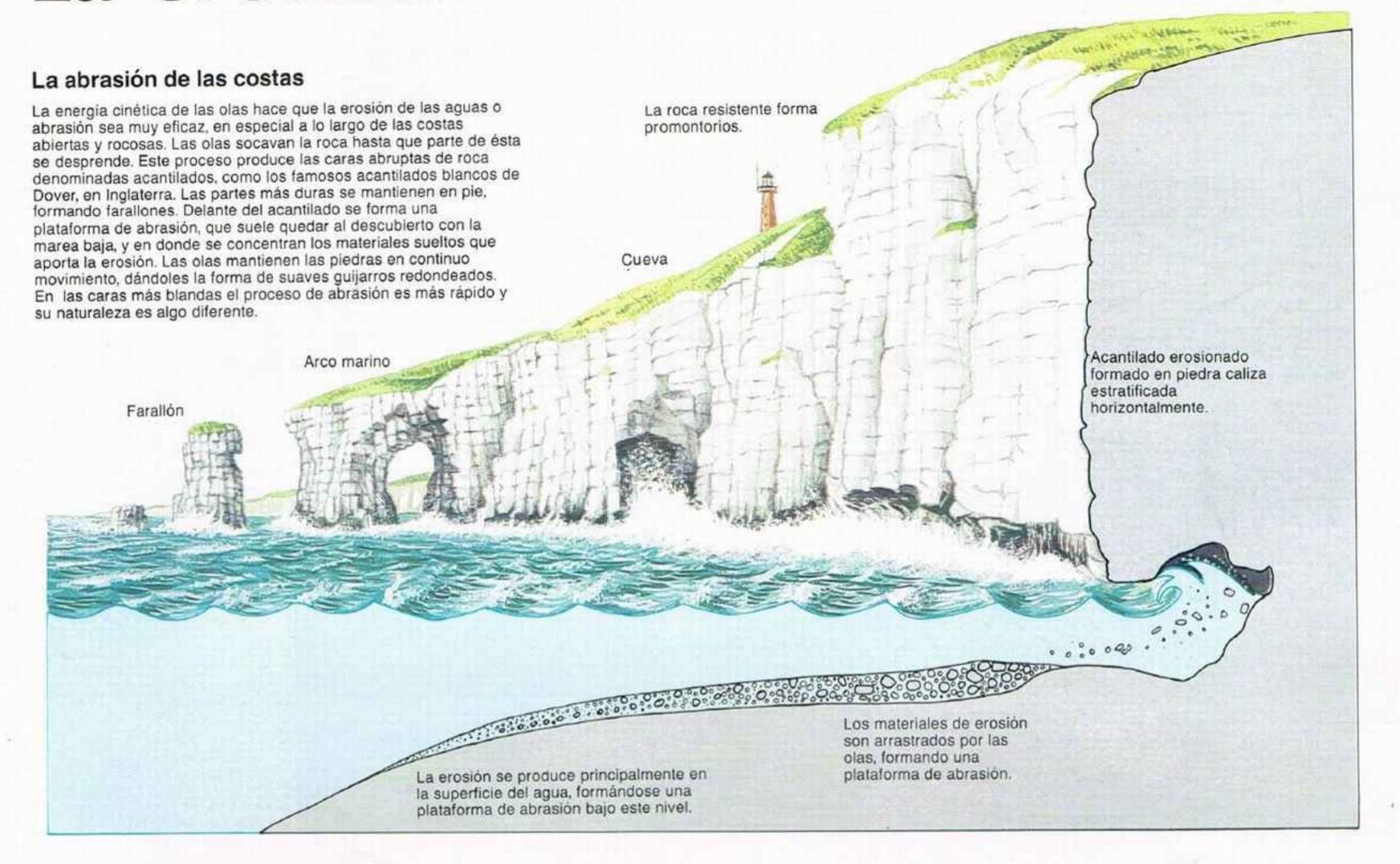
El resultado final de la denudación es un relieve bajo y ondulado, cuyos puntos más altos son en muchos casos inferiores a los de la cordillera original (linea de puntos).

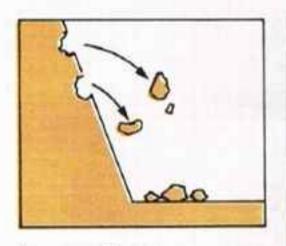






## La erosión



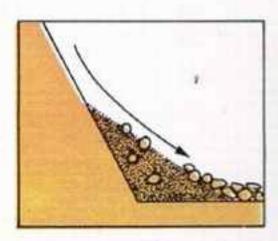


En una caida se desprenden rocas o toda la cara de un acantilado. Suele suceder en vertientes muy abruptas.



#### Roca, suelo y gravedad

Cuando la meteorización o la excesiva humedad reducen la cohesión de una vertiente, la fuerza de la gravedad puede hacer que se desplace. El proceso de destrucción de vertientes puede variar según la naturaleza de los materiales (roca, peñascos, suelo húmedo o seco) y el ángulo de inclinación. Cuando los materiales son secos y la pendiente es suave, el proceso suele ser lento. La reptación y la solifluxión pueden producirse de manera casi imperceptible, cosa que sucede hasta cierto punto en todas las vertientes. Por otro lado, las caídas o los deslizamientos se producen de manera repentina y violenta. Si se dan en un área habitada, la pérdida de vidas y propiedades puede ser enorme. Los deslizamientos de tierra pueden producirse en vertientes muy suaves. Cuando el contenido de humedad en materiales de grano muy fino, especialmente arcillas, se eleva por encima de determinado límite, la cohesión de esos materiales disminuye de manera espectacular.



Cuando pequeños deslizamientos continuados acumulan derrubios al pie de una vertiente abrupta se forma un talud. La «pendiente de reposo» es de aproximadamente 35°, según el material.

pueden crear barrancos

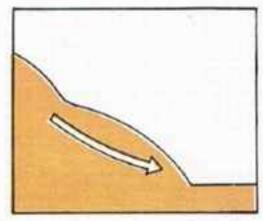
profundos (derecha).

vertical.



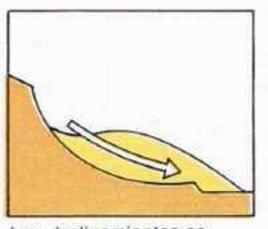






La solifluxion es un fenómeno común en las regiones polares donde el suelo por encima del permafrost se satura de aqua en verano.





Los deslizamientos se producen cuando la humedad de los suelos excede cierto limite, transformando abruptamente el suelo en una colada de barro.



La erosión forma parte de un proceso extenso que los geólogos denominan denudación, la ablación del suelo por las fuerzas del viento, del hielo y del agua. La denudación provoca el descenso gradual del nivel del suelo. Se ha calculado que tiene lugar a una media de 50 a 90 metros por millón de años, al menos en la ac-

tual época geológica.

La denudación comprende toda una serie de procesos. Las condiciones climáticas provocan la desintegración por meteorización, al desgajarse de la roca madre partículas y otros fragmentos mayores. La gravedad, el agua, el hielo y los fuertes vientos arrastran estos materiales sueltos y se produce la erosión cuando las partículas y el medio que las lleva desgastan la superficie del suelo. Se podría describir a la denudación como el resultado total de la meteorización, de la destrucción de las vertientes y de la erosión.

La erosión fluvial es la más importante, por lo que las fuertes precipitaciones producen una grave erosión. La inclinación de las laderas aumenta la energía cinética del agua, intensificando el proceso de erosión, tal como sucede en los Alpes y en el Himalaya. El material suelto que transportan ríos y arroyos se deposita antes o después en los deltas o en las cuencas de sedimentación, justo donde la velocidad de la corriente de agua ha disminuido hasta el punto de que el material suelto deja de moverse.

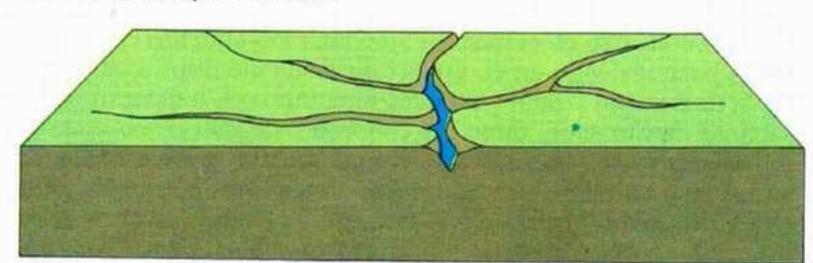
El proceso de erosión no se ha desarrollado al mismo ritmo en las diferentes épocas geológicas. Durante largos períodos los continentes fueron bastante más planos que en la actualidad, debido a que las cadenas montañosas o no se formaban, o cuando lo hacían era muy lentamente. Durante otras épocas, en las que las placas de la corteza terrestre colisionaban entre sí, se plegaron algunas cadenas montañosas y grandes zonas de los continentes se elevaron en relación al nivel del mar, volviendo a aumentar la erosión. En las regiones áridas ha predominado la erosión del viento, mientras que en las polares es el lento avance del hielo de los glaciares lo que constituye el elemento de erosión, aunque el factor principal a escala global ha sido siempre el agua corriente.

La circulación del agua, tanto en los pequeños arroyos como

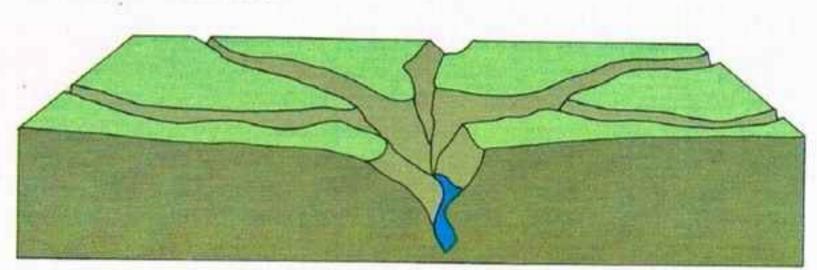
en los grandes ríos, desgasta la superficie formando grietas características en forma de V. Los glaciares esculpen un valle más ancho, con un perfil en forma de U. Los lados de los valles son posteriormente suavizados por la destrucción de las vertientes, especialmente en los climas húmedos. Los contornos del paisaje se van suavizando hasta nivelarse finalmente en una llanura. Para entonces la denudación puede haber bajado el nivel del suelo hasta el punto de que el lento fluir de los ríos no sea ya suficiente para proseguir la erosión. Esta penillanura es el producto final de la denudación.

La superficie de la Tierra no ha estado nunca reducida a una gran penillanura, ya que en épocas pasadas los nuevos movimientos de elevación de la corteza terrestre aumentaban la circulación del agua, transformando apacibles ríos en feroces torrentes, volviendo a acelerar el proceso de erosión. Esta batalla entre las fuerzas desintegradoras de la atmófera y de la hidrosfera, y las fuerzas constructivas de la corteza durará mientras el calor interior de la Tierra sea suficiente para mantener los procesos tectónicos.

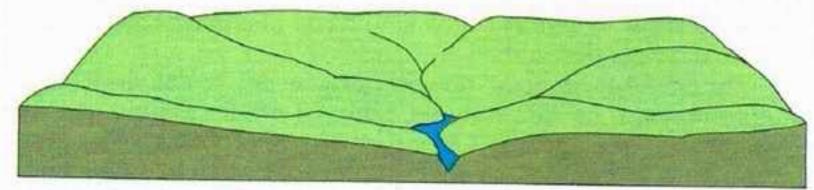
#### De llanura a penillanura



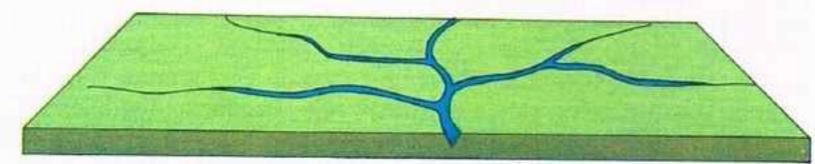
En una llanura, los ríos y los arroyos corren lentamente, y los valles y hondonadas que abren tienen el típico perfil de V de la erosión fluvial. Sin embargo, son poco profundos; cuanto más lenta es la corriente, menor es la erosión.



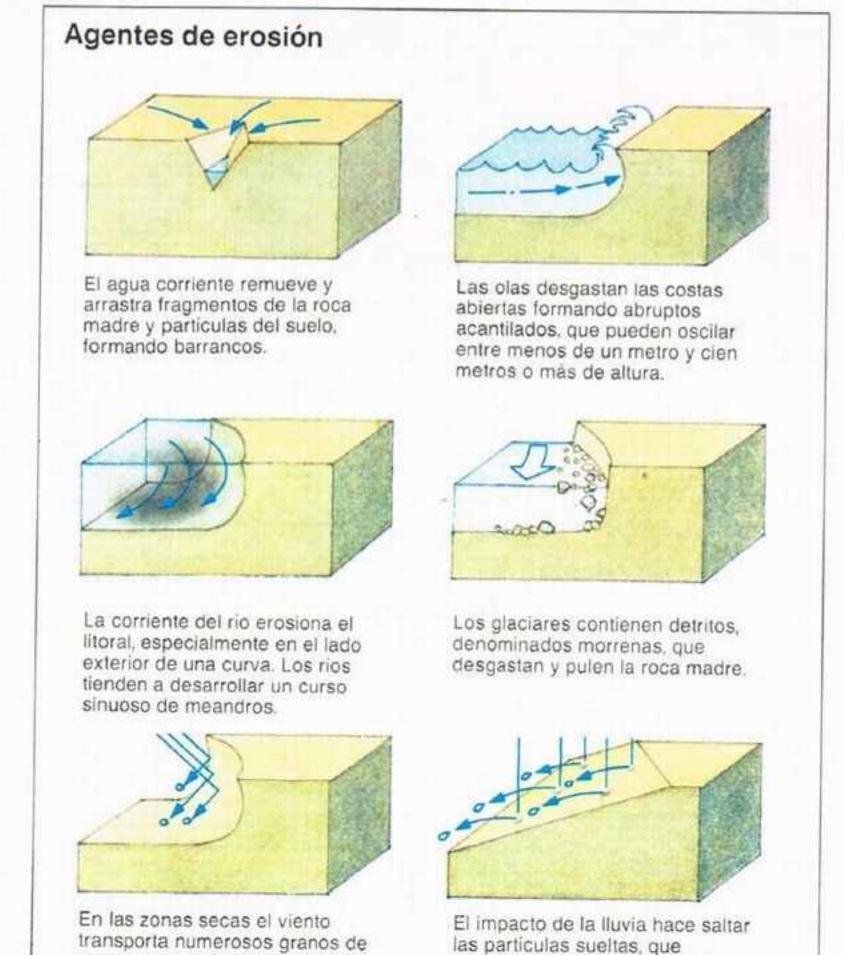
Si una llanura se eleva por las fuerzas interiores de la Tierra, la velocidad de la corriente aumenta y los rios abren gargantas profundas con laderas abruptas. En las regiones secas las zonas que separan estas gargantas pueden mantenerse intactas durante mucho tiempo...



... pero en las regiones húmedas, las regiones intermedias se desgastan por la destrucción de las vertientes. La llanura se "denuda" y según se va hundiendo su nivel, la corriente de los rios se va haciendo cada vez más lenta.



Finalmente, la denudación aplana toda la región convirtiendola en una penillanura. La erosión es entonces muy lenta, por el lento fluir de las aguas. Se encuentran penillanuras en las regiones graníticas de Canada y Escandinavia. El terreno ha sido modificado con frecuencia por procesos glaciales en las fases finales del último periodo glacial.



descienden gradualmente por las

vertientes.

arena que «perforan» y esculpen las

rocas expuestas.

La vida en la tierra

La vida en el agua

Un pez es una criatura relativamente simple. Sus medios de locomoción, músculos, aletas, son más simples que los de los animales terrestres. El pez no tiene una necesidad urgente de regular la temperatura de su cuerpo.



#### Adaptaciones a la vida en la tierra

El elefante, el más grande y el más pesado de todos los animales terrestres vivos, puede servir como ejemplo notable de las adaptaciones biológicas necesarias para sobrevivir en tierra. Los mamíteros, con sus complejos mecanismos de control de temperatura, son los animales que más eficazmente se han adaptado a la vida terrestre. La piel protege al animal de la desecación.

Adaptaciones para respirar altervias respiratorias y pulmones.

Los protege peratura. Las protegion nusopre lierra lirme.

Esqueleto rigido de soporte.

con articulaciones

complejas y tendones.

Fertilización interna por

copula: descendencia

menos numerosa.

La vida comenzó en el mar, y el medio, para aquellos organismos que siguen viviendo en él, no es especialmente duro. Los protege de la desecación y de los cambios repentinos de temperatura. Las láminas de filtración, tanto del cohombro de mar como de la ballena, pueden tratar el agua de manera sencilla como solución nutritiva. Por el contrario, el paso a la Tierra, que las plantas multicelulares dieron hace unos cuatrocientos millones de años, exigía adaptaciones biológicas drásticas.

Dos de estas adaptaciones pueden apreciarse fácilmente. La primera está relacionada con la locomoción. Para poderse mover en tierra, el animal terrestre tenía que desarrollar un complejo aparato motriz de patas y pies, aparato que tenía y sigue teniendo un nivel bajo de eficacia energética. Un pequeño cuadrúpedo corredor, como un perro, tiene que emplear cinco veces más energía que un salmón para recorrer un kilómetro.

La segunda de estas adaptaciones concierne a la reproducción. En el agua, la fertilización es un proceso externo: la hembra del bacalao pone sus huevos y sobre ellos el macho segrega su lechaza. La fertilización se produce libremente en el agua y las decenas de miles de alevines quedan abandonados a sus propios recursos.

La repróducción en tierra exige una fertilización interna por cópula, incubación y generalmente el cuidado de la descendencia. El mamífero ha ido un paso más allá; a la «incubación interna» del óvulo fertilizado le sigue el parto, es decir, el nacimiento. En otras palabras, la tendencia ha sido hacia una mayor atención individual a cada descendiente.

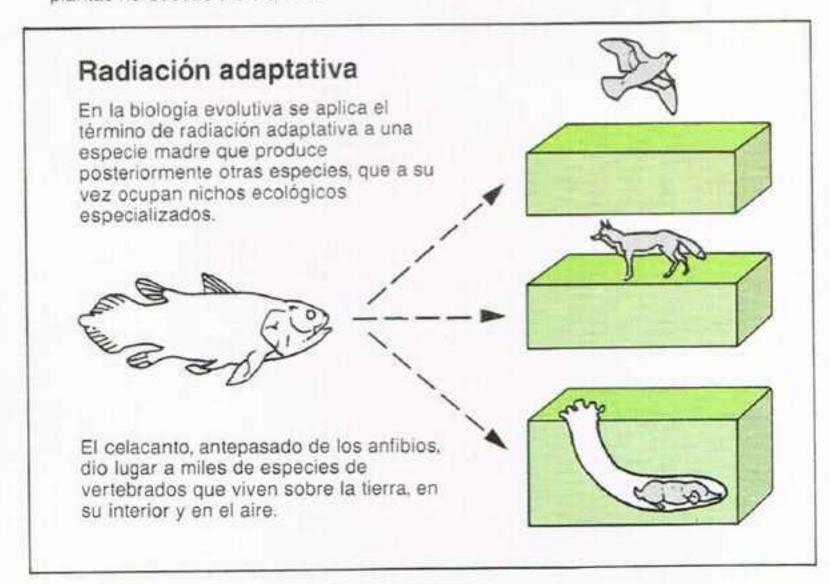
Sin embargo, a pesar de estas exigencias, la colonización de los continentes ha sido todo un éxito. El primer anfibio que realizó una travesía terrestre breve pero ardua, probablemente desde una charca a otra, por medio de un proceso increíble de adaptación, ha dado lugar a unas trece mil especies de vertebrados que habitan actualmente tanto en la tierra como en su interior y en el aire, además de en los mares (focas y ballenas). El éxito del programa de adaptación de los insectos ha sido incluso mayor, ya que existen actualmente cerca de un millón de especies de insectos. El número de especies de plantas terrestres está seguramente en torno a las 300.000. Una de las razones de esta amplia variedad puede ser que la Tierra, en contraste con el agua, se divide en numerosos medios con características diferenciadas.

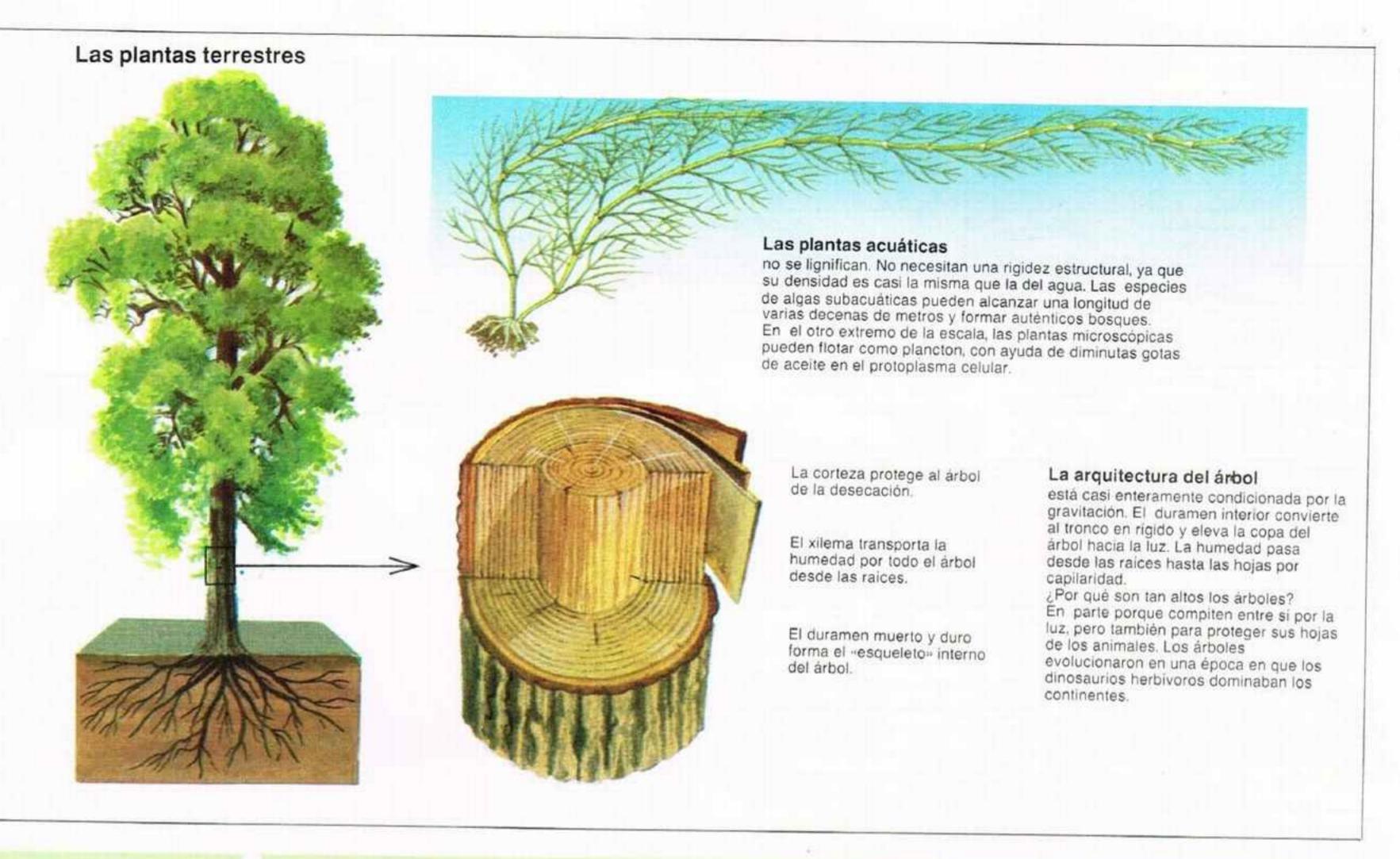
En respuesta a la diversidad de las características medioambientales, los organismos se han visto obligados a desarrollar formas más diferenciadas y esquemas de comportamiento más complejos de lo que hubieran necesitado en el agua. Esta evolución ha llegado hasta nuestra propia especie.

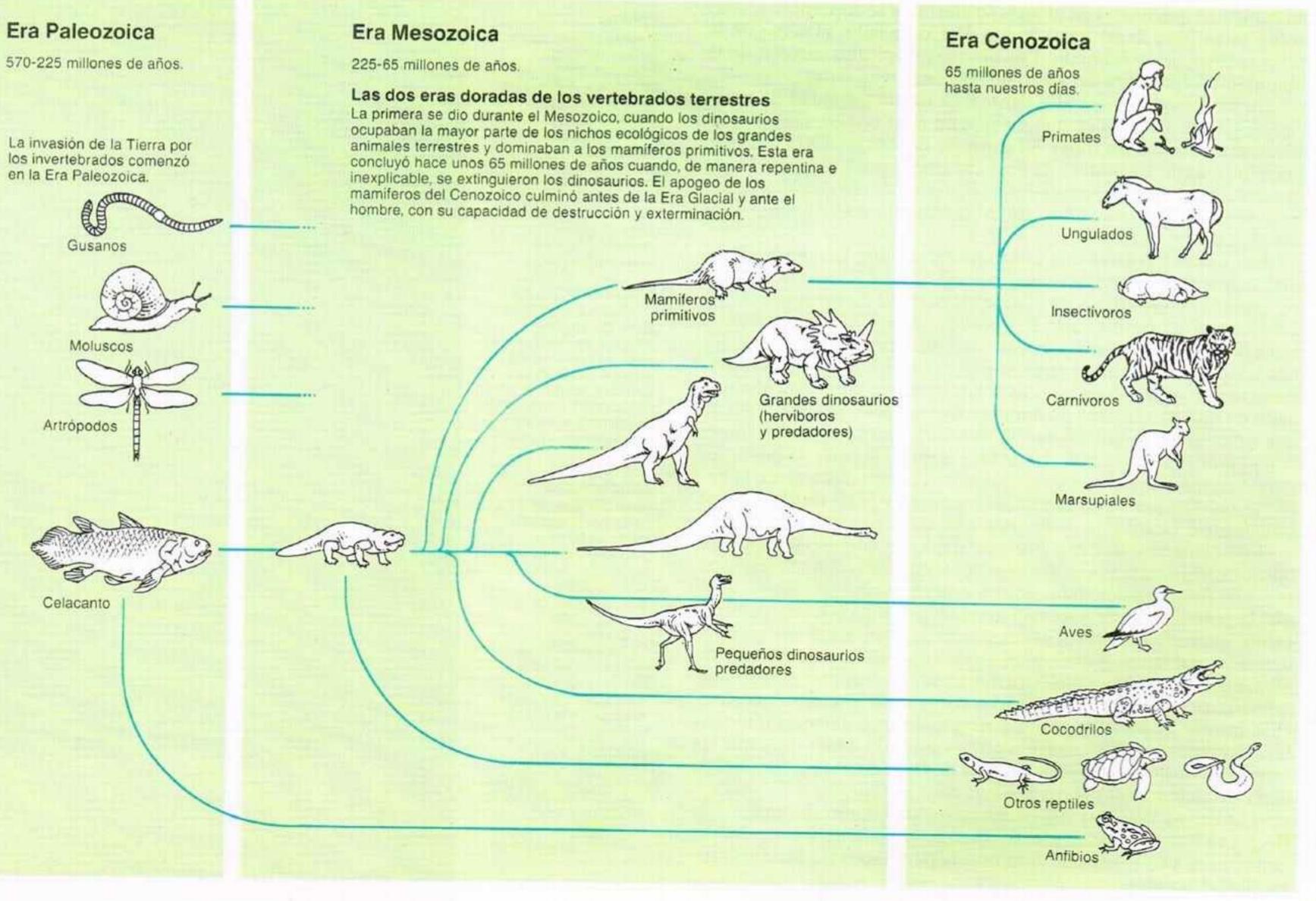


#### La vida ha colonizado la tierra

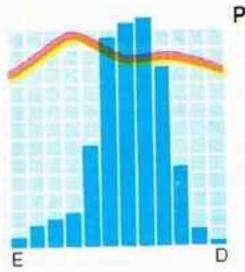
La invasión de la vida sobre la tierra firme ha transformado enteramente el medio. Esta fotografía muestra diferentes formas de vida de diferentes niveles de complejidad, desde plantas herbáceas a elefantes.







# Los bosques tropicales

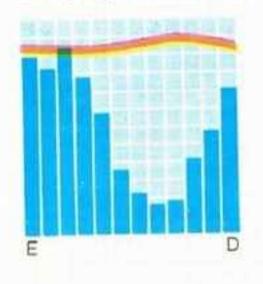




Período seco

Los bosques monzónicos y las selvas Iluviosas constituyen sistemas ecológicos diferentes, debido a las diferencias climáticas. El bosque monzónico (arriba) tiene un periodo seco anual; las barras del diagrama muestran la distribución de las precipitaciones. Durante el periodo seco, la mayoría de los árboles pierden las hojas. La selva Iluviosa (abajo) se mantiene verde todo el año, ya que la distribución de las precipitaciones es más regular. Las temperaturas (curvas) se mantienen altas y regulares en todas las zonas tropicales bajas.

Los bosques monzónicos (arriba) se encuentran en Asia del sur y del suroeste. Las selvas lluviosas de tierras bajas crecen en un cinturón ecuatorial y alcanzan su mayor extensión en las cuencas de los rios Amazonas y Congo (abajo).







Lluvia todo el año

El bosque necesita humedad. En las regiones tropicales, donde la lluvia es abundante, crecen las selvas tropicales lluviosas y los bosques monzónicos, según la distribución anual de las precipitaciones. Las selvas lluviosas de tierras bajas y las menos comunes selvas lluviosas de montaña se diferencian claramente entre sí. En las regiones donde hay menos lluvias surgen la sabana y otros tipos de vegetación.

Es la lucha por la energía del Sol lo que le da a la selva lluviosa su carácter específico. Las plantas se aferran y se superponen unas sobre otras para llegar hasta la luz. Por otro lado, el suelo de la selva está oscuro y húmedo. Los bosques tropicales carecen de la abundante vegetación del suelo de las zonas templadas.

En los bosques tropicales existe una mayor variedad de especies vegetales y animales que en ningún otro ecosistema; probablemente la mitad de todas las especies conocidas de la tierra se encuentra aquí. El motivo de esta enorme riqueza de especies es que los ecosistemas ecuatoriales se han mantenido estables desde hace varios millones de años. En estas regiones no ha habido épocas glaciales.

Las selvas lluviosas dan la impresión de una tremenda vitalidad, algo que es hasta cierto punto equívoco. Es grande la diferencia entre las condiciones de alta productividad de las copas de los
árboles y el inhóspito suelo del bosque. Además, el medio de la
selva lluviosa es excepcionalmente delicado. En los bosques de zonas templadas sólo una pequeña parte del carbono orgánico presente se encuentra en las plantas vivas; la mayor parte está almacenado en una gruesa capa de humus sobre el suelo. Sin embargo, en
una selva lluviosa, el carbono se convierte de manera casi inmediata en nueva vegetación. En otras palabras, la capa de humus es
muy delgada y se destruye rápidamente cuando desaparece la cubierta del bosque. Bajo el humus hay suelos poco fértiles que se
transforman fácilmente en laterita, una masa parecida al ladrillo.

Los esfuerzos del hombre por explotar comercialmente los bosques tropicales pueden tener consecuencias desastrosas. Las rozas de tierra tradicionales no son especialmente peligrosas, aunque la pobreza y la desesperación pueden conducir a una deforestación imprudente totalmente destructiva. Las consecuencias pueden ser igualmente graves cuando las compañías madereras y de alimentación internacionales penetran en los bosques con su maquinaria pesada, buscando rápidos beneficios. Tras algunas cosechas buenas el suelo se agota y no puede sostener más que maleza. El proceso de devastación está avanzando a tal ritmo, que las selvas lluviosas y sus formas de vida podrían encontrarse al borde de la extinción total dentro de unas décadas.

Las selvas lluviosas del Viejo y Nuevo Mundo difieren en su flora y su fauna. Aquí se muestra una selva sudamericana, aunque la amenaza a su existencia es la misma para todos los bosques tropicales, el hombre.

#### La bóveda

Debido a la abundancia de luz solar, la producción de biomasa es muy elevada en las copas de los árboles.

Consecuentemente, en este nivel tiene su hábitat un gran número de aves, insectos y monos.

#### Los árboles inferiores

Más abajo hay otra capa de copas. Estos niveles intermedios están formados por especies de árboles mejor adaptadas a la sombra que los que forman la bóveda. Estos niveles inferiores albergan también su fauna especifica.

#### **Epífitas**

Muchas plantas, como las lianas y algunas orquideas, crecen entre los árboles. Algunas de estas epifitas son parásitos que se alimentan de sus huespedes, mientras que otras simplemente utilizan los árboles para escalar hacia la luz. Otras epifitas son las saprófitas, que viven de la materia orgánica en descomposición.

#### Las palmeras

no suelen crecer tanto como los árboles caducos. No abundan, pues, en el interior sombrio de las selvas lluviosas, aunque si se dan donde les llega el sol, por ejemplo, a lo largo de las corrientes de agua.

#### Las sombras permanentes

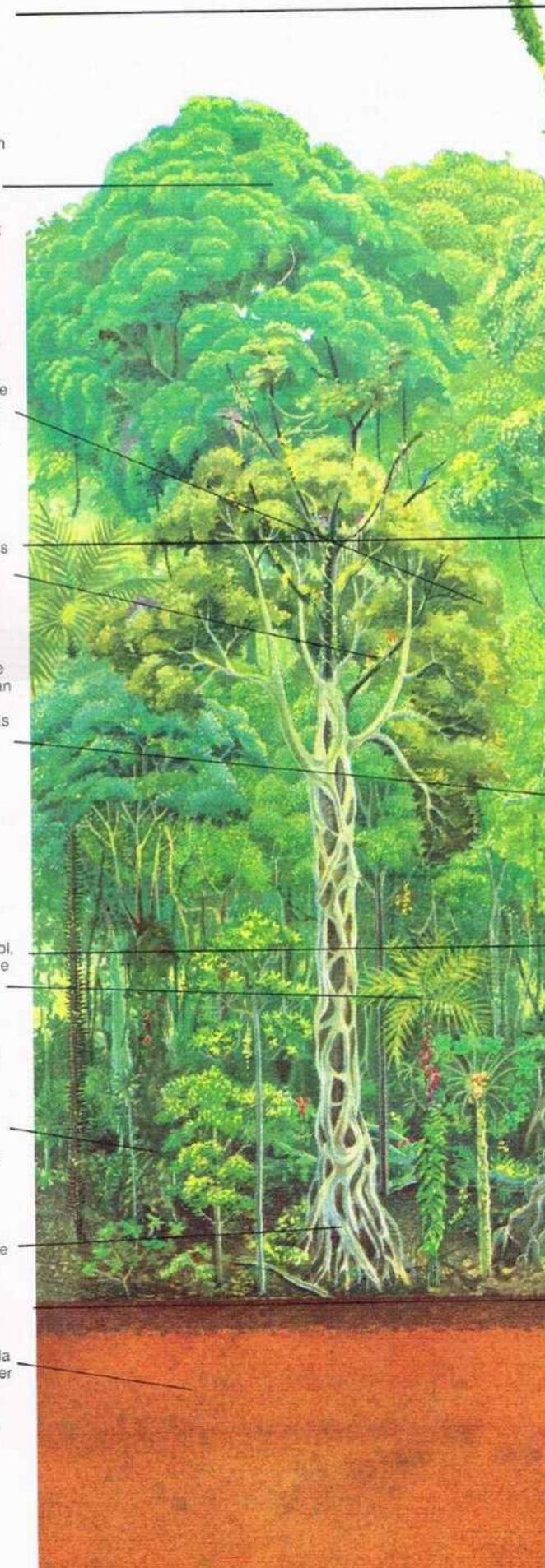
reinan en el suelo de la selva, por lo que este medio no es muy productivo. Diversos organismos que tienen aqui su hábitat descomponen las hojas caidas.

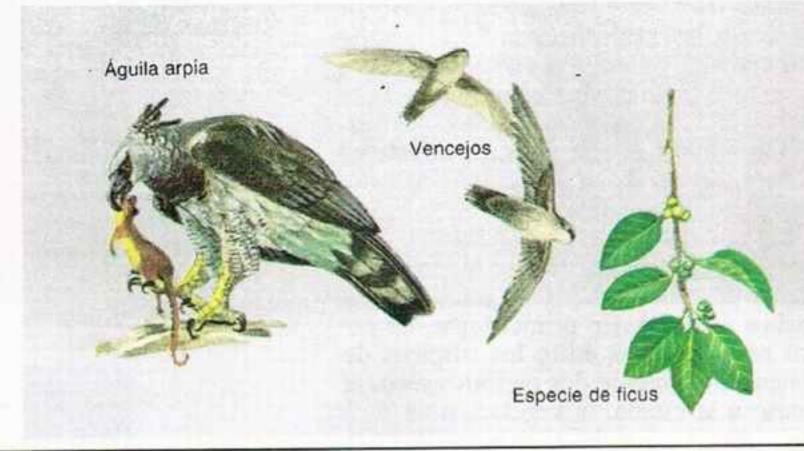
#### Estranguladoras

Muchas de las epifitas son estranguladoras que poco a poco asfixian y destruyen a la planta huésped.

#### El suelo

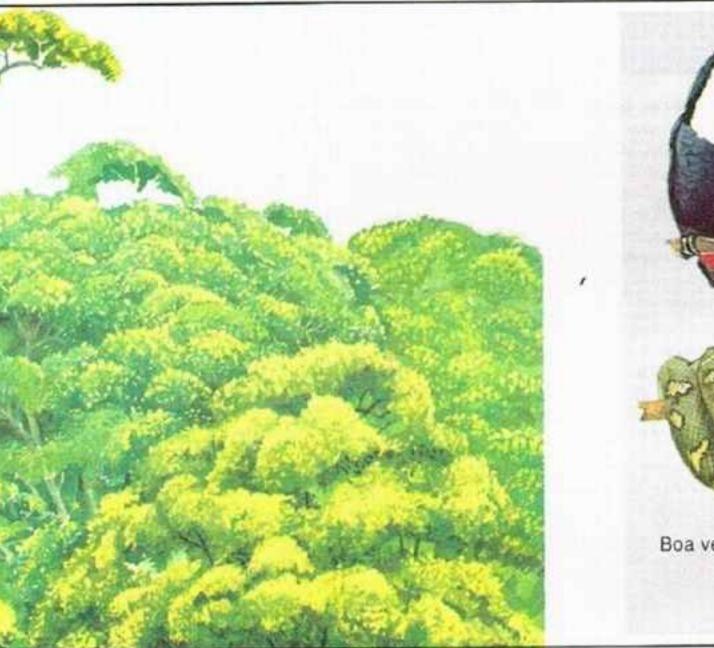
existente bajo la delgada capa de humus suele ser poco fertil, tierra latosólica, de un color rojizo por los óxidos de hierro.





#### Los árboles más altos

que destacan por encima de la bóveda y a los que se denomina emergentes, albergan cierto número de especies de aves, incluyendo a los vencejos, intimamente relacionados con las especies del Viejo Mundo. El águila arpía se alimenta principalmente de los monos de la bóveda.





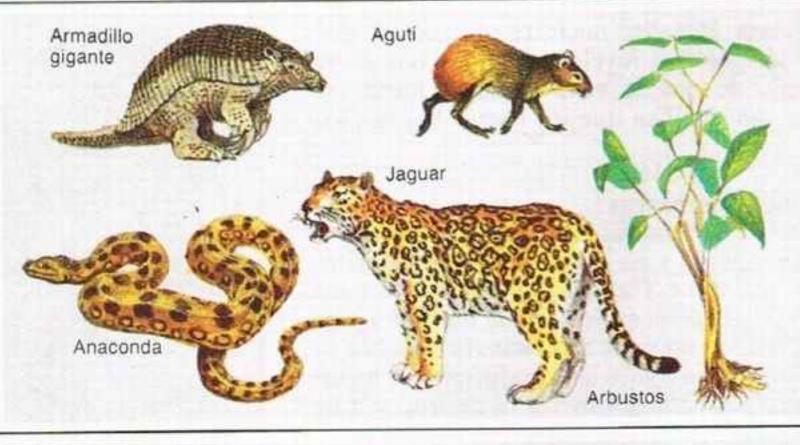
#### Las copas de los árboles

son el hábitat de una gran variedad de fauna. Hay aquí muchas especies de aves, desde los grotescos tucanes a los gráciles colibries, en ocasiones no mayores que una mariposa grande. La boa verde de los árboles se desliza por las hojas tras monos y aves. Los vampiros nocturnos pasan durmiendo las horas de luz, mientras que las orquideas florecen en las horquetas de las ramas y en las grietas de la corteza. Mariposas de colores brillantes se mueven por entremedias y por encima de las copas de los árboles.



#### En los árboles más bajos

numerosas hordas de monos aultadores saludan el amanecer a coro. Sus gritos se pueden oir a varios kilómetros de distancia. El perezoso de dos dedos se pasea indolente entre las ramas; esta criatura no tiene enemigos, por lo que no necesita ni velocidad ni agilidad. A diferencia del jaguar, más pesado, el ágil ocelote caza entre las ramas con tranquilidad.



#### En el suelo

el armadillo gigante se enraiza entre las hojas muertas, mientras que el aguti, un roedor, corre buscando frutas caídas. El jaguar frecuenta las tierras próximas a los ríos, en las que nadan las anacondas, las serpientes más grandes del mundo, con una longitud de hasta 10 metros.



#### En el subsuelo

una multitud de invertebrados, hongos y bacterias descomponen la materia orgánica muerta para reciclar los nutrientes para la producción biológica ulterior.

## Los herbazales

El bosque tropical o templado se hace menos denso y deja paso a las formaciones herbáceas cuando las precipitaciones son insuficientes, con relación a la evaporación, o porque su irregular distribución anual no les permite mantener una capa continua de bosque. Las grandes formaciones herbáceas del mundo se encuentran en lugares en los que, debido al sistema de circulación general del aire, predominan las masas descendentes de aire seco.

#### Las formaciones herbáceas del mundo

Las llanuras herbáceas no constituyen uno, sino varios medios. Las sabanas tropicales, las praderas de zonas templadas y las estepas continentales difieren en muchos aspectos. En primer lugar, las sabanas no tienen invierno; al estar situadas entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio, tienen simplemente dos períodos secos al año. Cuando la sabana da paso a la estepa, la vegetación se hace más baja y más escasa, más espinosa y con hojas más pequeñas a medida que el clima se va volviendo más seco. La estepa de tierras bajas forma la zona de transición entre sabana y desierto. Otro tipo de estepa es la meseta continental, como las de Anatolia y Asia Central.

Las sabanas de África Oriental son las formaciones herbáceas mejor estudiadas del mundo. En comparación con las estepas monótonas y pobres, las sabanas son variadas y altamente productivas. La pradera es una especie de medio intermedio entre la sabana y la estepa, aunque apenas existe ya en su estado natural; en su mayor parte ha sido modificada por el cultivo. La sabana puede tener aspecto de bosque poco denso, tener paisaje de parque o estar totalmente desprovista de árboles, según la humedad. Las corrientes de agua tienen en sus orillas una estrecha franja de bosque, frecuentemente de una anchura de poco más de unas decenas de metros.

#### La cadena alimentaria

Las hierbas representan el elemento básico de la cadena alimentaria, a pesar de que no aparecieron hasta hace 50-60 millones de años, es decir, en la era Cenozoica. Lo mismo puede decirse de los herbívoros. Los dientes y el sistema digestivo de los ungulados, especialmente de los rumiantes, se han adaptado a una dieta de hierba rica en celulosa, mientras que la hierba se ha adaptado también a los herbívoros, ya que, a diferencia de la mayoría del resto de plantas vasculares, la hierba no crece en el extremo superior, sino por la base, de tal manera que los tallos pueden sobrevivir a pesar de estar siendo continuamente roídos.

Los herbívoros tienen hábitos alimenticios específicos. Las jirafas comen hojas y ramas frescas de la parte superior de los árboles, los elefantes hojas y ramas de partes inferiores, y las cebras, los antílopes y las gacelas pastan en hierbas de diferente altura y consistencia. De esta manera, los herbívoros obtienen el mayor rendimier o d la flora. Los enormes rebaños representan una adaptación a la amenaza de los predadores. Los grandes animales no pueden ocultarse en las llanuras, pero pueden esconderse entre sus semejantes. Así, los animales fuertes de mayor categoría se sitúan en el centro del rebaño, mientras que los más débiles tienen que mantenerse en el exterior.

Los predadores de llanuras constituyen un interesante tema de estudio, aunque su peso total no sobrepasa la décima parte del de los herbívoros. La diferencia entre los llamados predadores y los carroñeros no es siempre clara. Estudios nocturnos realizados mediante intensificadores de imagen han revelado que la hiena es un excelente cazador; el hecho de que se vean leones y hienas en torno a un mismo cadáver, no significa que los leones hayan abatido la presa.

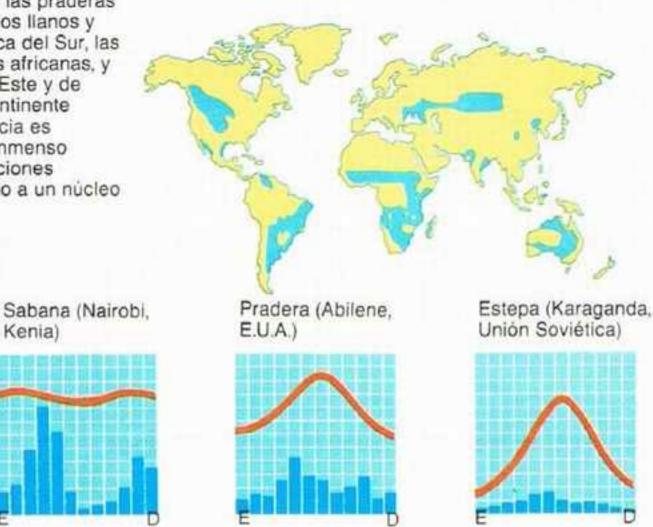
#### El hombre en las formaciones herbáceas

La raza humana evolucionó en las llanuras herbáceas de África y el hombre sigue habitando las sabanas y las estepas como cazador-recolector, pastor nómada y agricultor. Cazadores y nómadas siguen a los animales, que a su vez siguen las estaciones de lluvia y los ciclos de la vegetación. El agricultor no sigue este ciclo. En muchos sitios el aumento de la producción ha traído la introducción de métodos de cultivo imprudentes, pastoreo abusivo y la destrucción de medios finalmente equilibrados. De esta manera la productiva sabana puede empobrecerse y convertirse en una estepa, que a su vez puede degradarse, transformándose en desierto, hasta que, finalmente, el viento puede hacer desaparecer el suelo, dejando sólo una capa estéril de pequeñas piedras, un pavimiento desértico.

#### Regiones herbáceas

Todos los continentes, a excepción de la Antártida, tienen herbazales: las praderas de Norteamérica, los llanos y pampas de América del Sur, las sabanas y estepas africanas, y las de Europa del Este y de Asia Central. El continente verde por excelencia es Australia, con un inmenso cinturón de formaciones herbáceas en torno a un núcleo interior desertico.

Kenia)

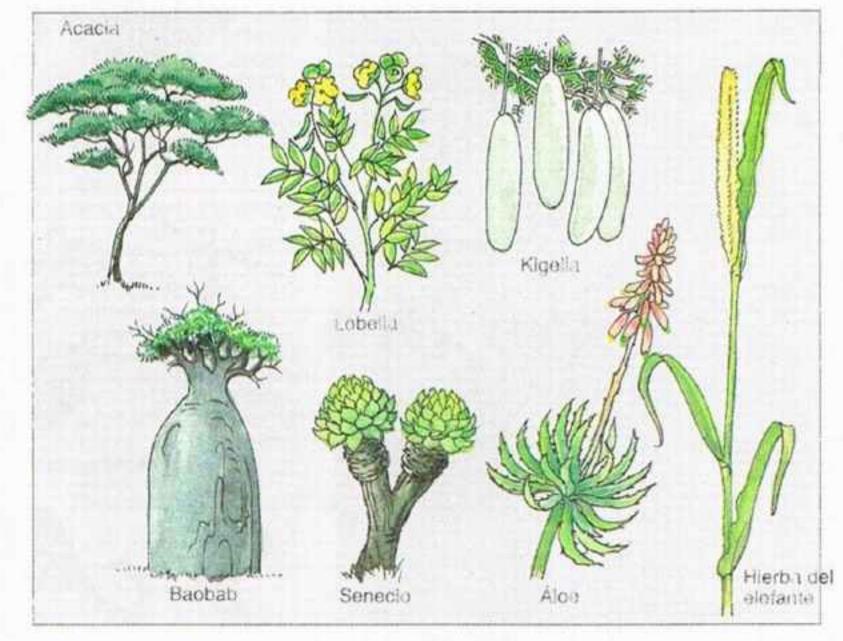


#### Sabana, pradera, estepa

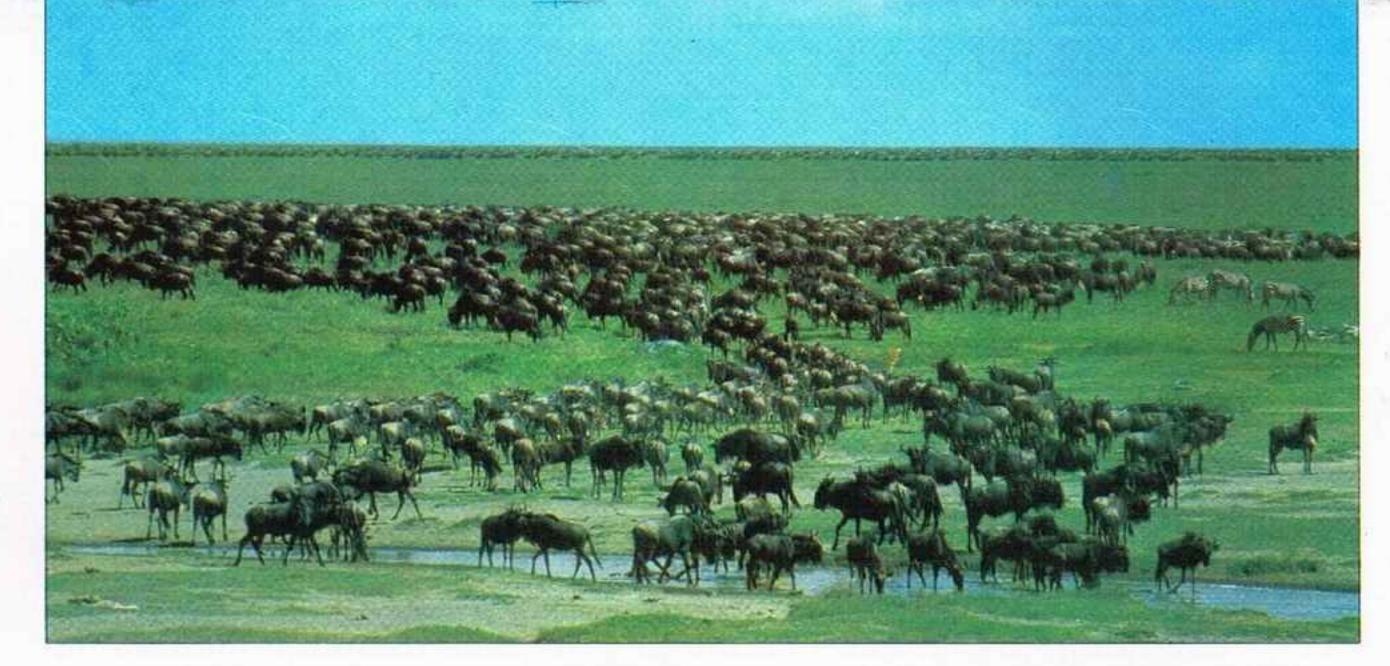
Estos diagramas muestran los climas de la sabana, de la pradera y de la estepa. La precipitación (barras) suele tener dos períodos anuales de máxima intensidad, aunque es mayor en la sabana que en la estepa. Las temperaturas (curvas) son siempre altas en la sabana, mientras que en la estepa el invierno es frío. En la pradera, situada entre los climas húmedos y áridos, tanto las precipitaciones como las temperaturas son intermedias.

#### La flora de la sabana

no está tan adaptada a la sequia como la del desierto, los períodos secos de la sabana son más cortos que los del desierto. Las hierbas son los productores principales de biomasa, siendo, por tanto, el sustento principal de los animales, aunque entre las plantas características se encuentran árboles como el espino paraguas y el baobab.

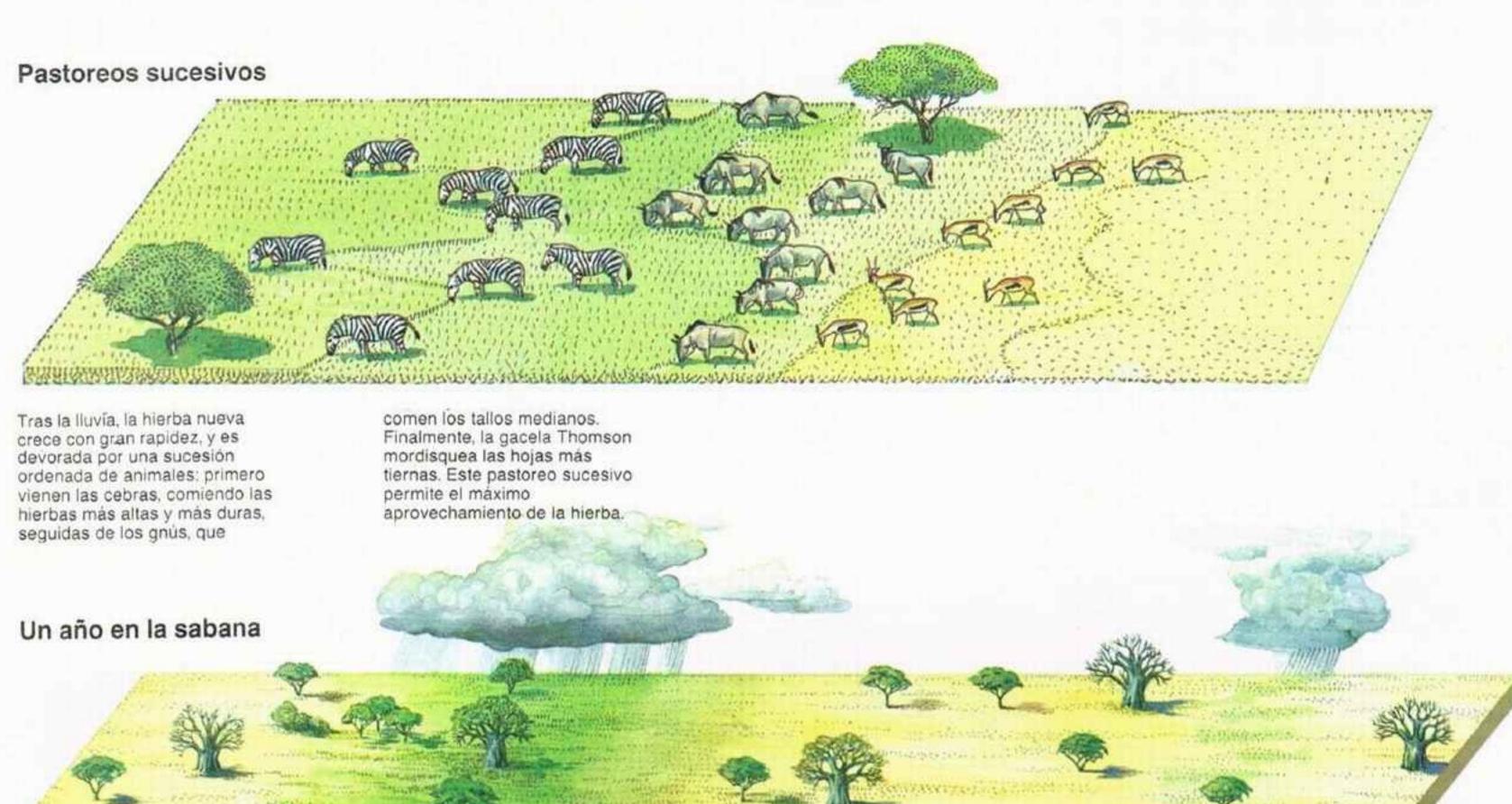






#### Los grandes rebaños

no vagan al azar por las sabanas del África del Este. Realizan migraciones periódicas regulares, gobernadas por las variaciones periódicas de las lluvias y la vegetación. El comportamiento del rebaño es una adaptación a la amenaza de los predadores, disminuyendo el peligro para el animal individual. La fotografía muestra un rebaño mixto de gnús y cebras en África del Este.



En las sabanas africanas, los dos periodos anuales de lluvia son muy pronunciados. Las «lluvias largas» duran un par de meses, las «lluvias cortas» aproximadamente un mes. La lluvia hace que el terreno cambie abruptamente de color de un amarillo pardo al verde. Entre estos periodos de lluvia el suelo va recuperando gradualmente el color del periodo seco.

Junio

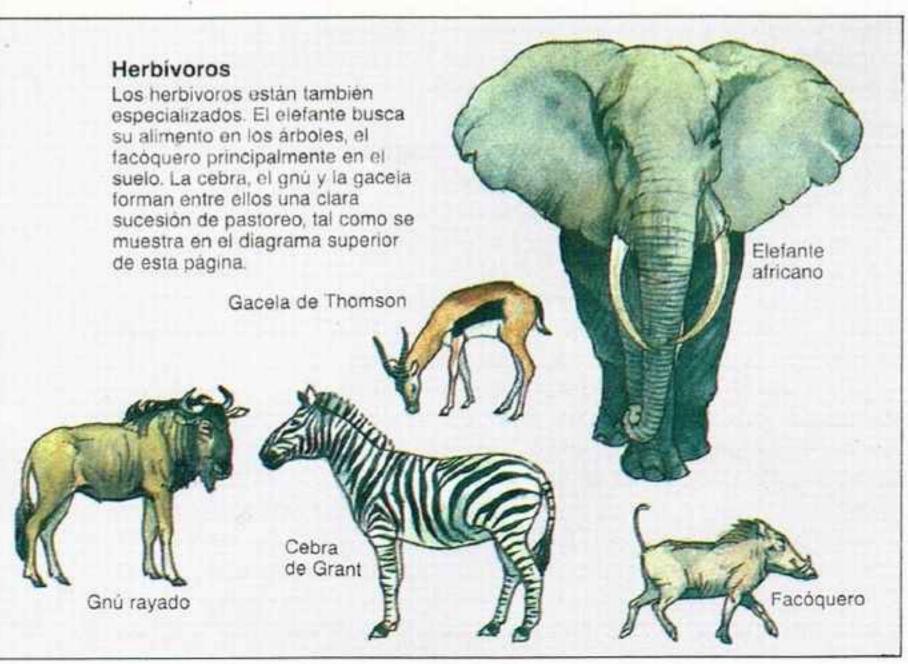
Mayo

Julio

Agosto

Septiembre

Octubre



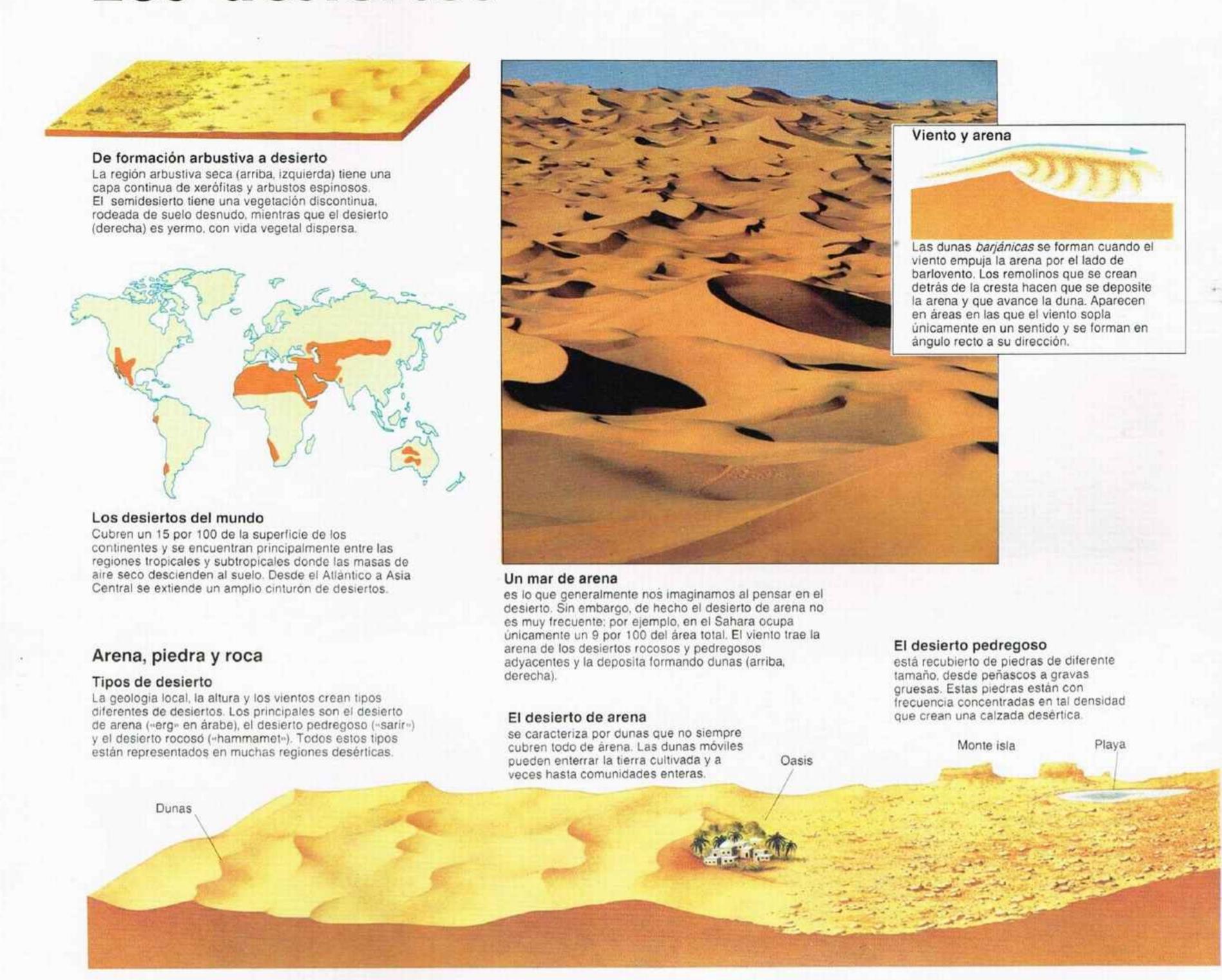
Abril



Noviembre

Diciembre

### Los desiertos



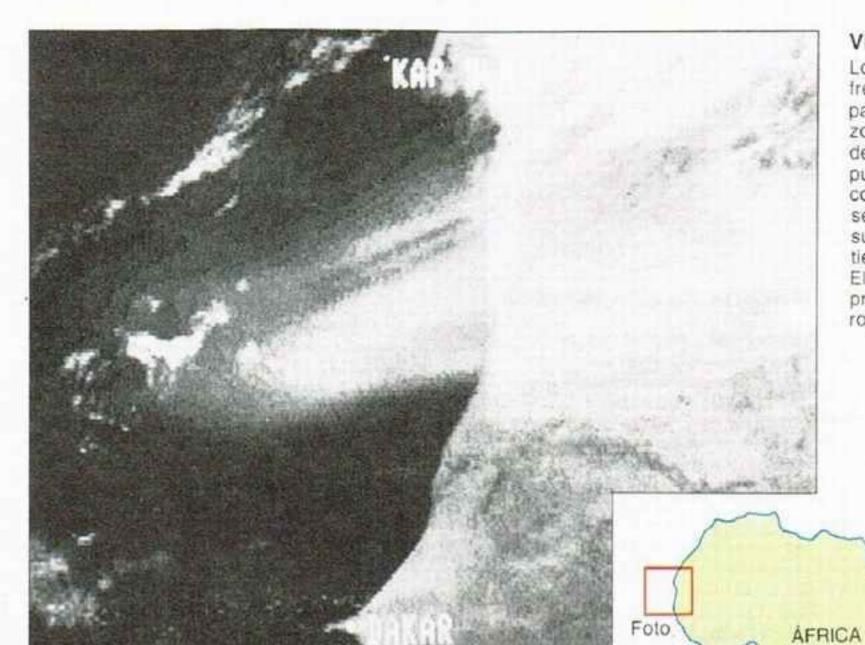
Los desiertos són consecuencia del sistema general de circulación del aire, que distribuye las precipitaciones sobre la superficie de la tierra de manera desigual. Los grandes desiertos se encuentran en las regiones fronterizas entre las zonas tropicales y subtropicales. Aquí el aire tropical, que se ha elevado en la zona de convergencia intertropical descargando su humedad, vuelve a descender al otro lado de la célula convectiva. También pueden intervenir factores locales. Las cordilleras pueden actuar como gigantescos deshumidificadores, por lo que las áreas que cobijan pueden convertirse fácilmente en desiertos o semidesiertos. La causa principal de los desiertos costeros son las frías corrientes oceánicas, que obligan a-los vientos del mar a depositar las lluvias sobre el agua.

En el desierto llueve con muy poca frecuencia, aunque cuando lo hace el efecto es espectacular. Rápidos y ruidosos torrentes se precipitan por los secos lechos de los ríos, los cuencos salobres se convierten en lagos temporales y los millones de semillas que han permanecido dormidas en el suelo se transforman en una vegetación sorprendente. Poco después el desierto retorna a su aridez acostumbrada, aunque la lluvia ha rellenado los acuíferos que suelen encontrarse bajo la superficie.

Los desiertos presentan paisajes variados. Los más comunes son los diferentes tipos de desiertos de piedras y desiertos rocosos. El desierto de arena se crea cuando los vientos dominantes arrastran las partículas minerales de las zonas desérticas adyacentes durante largos períodos de tiempo. Un rasgo común de todos los desiertos áridos son las extremas variaciones de temperatura, consecuencia del aire seco y claro que permite una fortísima insolación durante el día, y de una pérdida de calor igualmente fuerte por la noche a causa de la irradiación.

Sobrevivir en este medio extremo exige una adaptación biológica trascendental. Las plantas desérticas suelen tener una piel correosa o cerosa que las protege de la desecación. Ciertos animales, como las ratas de desierto, pueden pasarse sin agua. A través de su comportamiento los animales se han logrado adaptar a las condiciones del desierto. Se entierran durante el día y se mueven por la noche con ayuda de un oído muy fino, táctica empleada tanto por los predadores como por sus presas.

La extensión de los desiertos ha variado en las diferentes épocas geológicas. Sin embargo, en nuestros días hay que contar con un nuevo elemento, el hombre. Los intentos de cultivar la tierra y criar ganado en lugares en los que la precipitación es insuficiente han convertido en desiertos grandes zonas de formaciones arbustivas, sabanas o incluso bosques. Las poblaciones de estas zonas son perfectamente conscientes de lo que sucede, aunque la pobreza les obliga a destruir su medio mediante el pastoreo y la explotación abusiva de los suelos y la recogida de material combustible por una simple cuestión de supervivencia diaria.

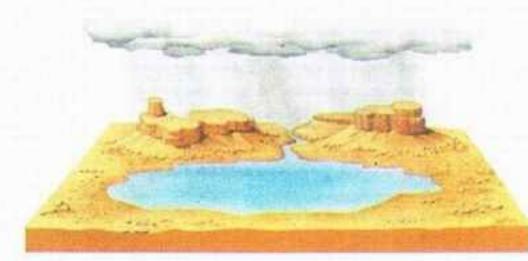


#### Viento y polvo

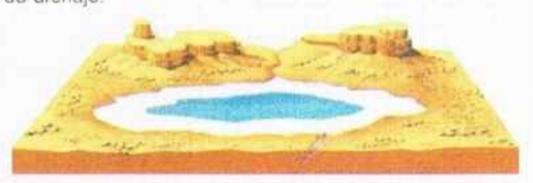
Los vientos transportan con frecuencia ligeras partículas de polvo desde zonas desérticas, depositándolas en otros puntos como limos eólicos, como el loess de la China septentrional. Estos suelos suelen ser muy fértiles si tienen agua suficiente. El polvo arrastrado al mar produce arcillas marinas rojas.

#### Formación de un chott

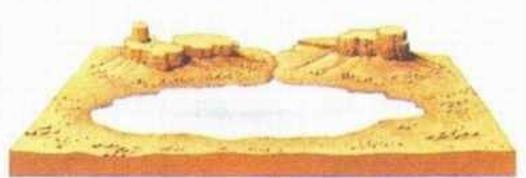
Las lluvias escasas pero intensas y la fuerte evaporación —la evaporación potencial puede ser diez veces superior a las precipitaciones anuales—, produce cuencos salobres («chott» en árabe), lagunas salinas poco profundas que a veces se secan totalmente.



Los wadis llevan el agua de lluvia hasta el desierto. donde pueden formar un lago amplio, aunque poco profundo y temporal. El agua contiene sales lixiviadas de las capas de suelo situadas por encima de la zona de drenaje.



La evaporación es rápida y el lago disminuye. El agua pura pasa a la aimósfera, quedando las sales. La salinidad del agua aumenta y las sales, cloruros y sulfatos se precipitan.



El agua se transforma en un fango salino corrosivo o desaparece totalmente. Si el agua tiene un alto contenido de arcillas y arena, queda una playa suave y fina. Durante miles de años, la sal de estos chotts ha sido un producto importante en el tráfico de caravanas a través del Sahara.

Chumbera

Saguaro

gave (pital

#### Tempestad de arena sobre el Atlántico

Los vientos fuertes pueden arrastrar el polvo del desierto a grandes distancias. Esta fotografía de satélite muestra como un viento tempestuoso del este ha arrastrado una enorme nube de polvo sobre el Atlántico, llegando hasta las Islas de Cabo Verde, a una distancia de unos mil kilómetros. Las particulas más pequeñas pueden permanecer en el aire el tiempo suficiente para cruzar el Atlántico.

#### El desierto rocoso



#### Viento y roca Los vientos de

Los vientos del desierto arrastran arena con la que esculpen muchas formas redondas características en las duras rocas desérticas. A este proceso se le denomina abrasión.

Yuca

Serpiente cascabel

Mamilaria

#### La adaptación al desierto

Zorra del desierto

La flora y la fauna del desierto son muy características. Este «corte» pertenece al oeste de América del Norte, aunque se encuentran adaptaciones semejantes en muchos desiertos. Tanto la zorra como el ratón canguro, por ejemplo, tienen casi correspondientes exactos en el Sahara.

Correcaminos

Escorpión

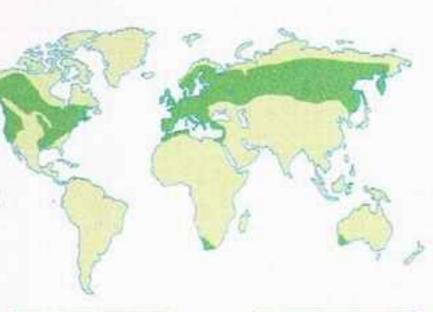
Los mamiferos del desierto suelen ser nocturnos y durante el día se entierran para protegerse del calor y evitar a los predadores. La zorra tiene unas orejas enormes, adaptación que le permite localizar a su presa casi exclusivamente por el oído. La constitución del ratón canguro le permite tener el mínimo contacto posible con la arena caliente. Los insectos, arácnidos y reptiles que tienen dificultad para regular su temperatura sobreviven alternando entre el sol y la sombra. La mayoria de las plantas del desierto tienen una piel

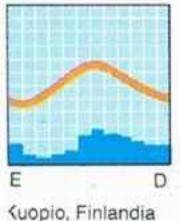
correosa y dura que les protege de la deshidratación, así como espinas que les protegen de los animales que buscan el agua que almacenan. La floración se da en intervalos poco frecuentes y depende de la humedad y la temperatura. Ciertas plantas pueden sobrevivir a muchos años de sequía, en estado de latencia en forma de semillas. Cuando llegan las lluvias, hojas, flores y semillas se producen con tal rapidez que parece casí un milagro. Los cactus do este diagrama son tipicos de las zonas desérticas y semidesérticas del Nuevo Mundo.

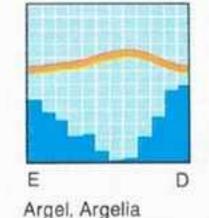
# Los bosques templados

#### Bosques boreales

Las mayores regiones de bosque templado se encuentran en el hemisferio norte. Entre el limite de la tundra y aproximadamente los 50° N, se extiende un cinturón de bosque de coniferas por el norte de América del Norte, de Europa y de Asia. Al sur de esta región hay otro cinturón de una extensión variable formado por arbolado mixto y caducifolio. Las zonas de clima mediterráneo tienen árboles caducifolios siempre verdes. Los diagramas muestran dos tipos de clima templado: a la derecha un clima continental seco con grandes diferencias de temperaturas (curvas) y máximas precipitaciones en verano (barras); más a la derecha, un clima mediterráneo en el que las temperaturas anuales son más regulares y las precipitaciones mayores en invierno.







Bosque de coníferas

Las regiones de bosques de coniferas constituyen una fuente de materias primas: madera serrada, pasta de papel y combustible. En general las mismas especies de árboles cubren grandes zonas, lo que facilita la explotación mecanizada a gran escala. Hacia el límite del bosque, tanto en las laderas de las montañas como en las zonas próximas a la tundra en el norte, las coniferas dejan paso al abedul y al matorral, que se van degradando a medida que las condiciones se hacen más severas.



El bosque es la vegetación natural de la mayor parte de las zonas templadas de la Tierra. Las necesidades climáticas del bosque templado son precipitaciones relativamente abundantes, temperaturas moderadas y una clara diferencia entre verano e invierno. A través de Asia, Europa y América del Norte, y de este a oeste se extiende un cinturón de bosques de coníferas; su límite meridional coincide en general con el límite meridional de los climas fríos, según la definición del climatólogo austríaco Köppen, es decir, donde las temperaturas medias del mes más frío están por debajo de -30°C. En el hemisferio sur estas latitudes corresponden en general a zonas marítimas, por lo que prácticamente no existe el bosque templado. Donde sí existe, en África del Sur y en el suroeste de Australia, es del tipo mediterráneo perenne.

En las zonas de clima templado frío o de clima frío, los suelos de podzol son los más comunes. Las precipitaciones lixivian las sustancias de la capa superior de humus, depositándolas como un estrato pardo a mayor profundidad. Más al sur el bosque caducifolio crece sobre suelos no lixiviados, aunque pardos y con humus producido por la vegetación en descomposición, que se concentran en

una capa espesa y profunda.

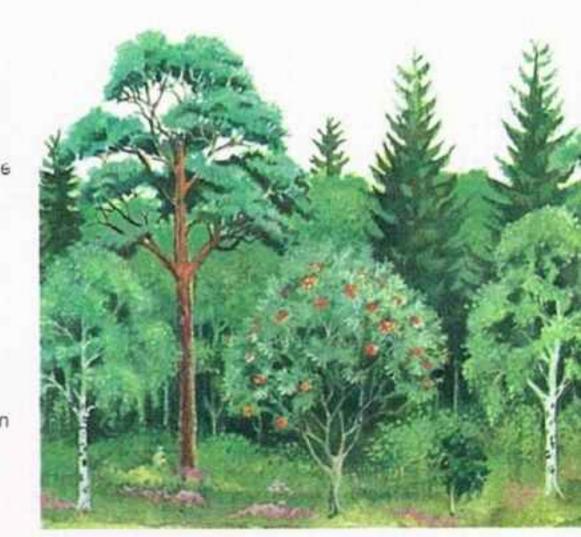
Durante la última glaciación el bosque templado retrocedió ante el hielo y la tundra, y en Europa el bosque sobrevivió únicamente en algunos puntos resguardados. Cuando los hielos se retiraron hacia el norte, la tundra se retiró tras ellos y el bosque volvió a progresar. La picea o abeto, que ahora florece en grandes zonas en los bosques boreales, llegó tardíamente. El análisis del polen (el empleo de granos de polen recogidos de turberas y sedimentos para determinar las especies de plantas existentes en épocas antiguas) ha revelado que durante el período cálido posglacial el bosque caducifolio se extendió muy hasta el norte de Europa, siendo frecuentes los bosques de avellanos.

Para los cazadores y recolectores del principio de la Edad de Piedra, el bosque era tanto fuente de alimento como hábitat. Al final de la Edad de Piedra, los pobladores abrieron claros en las regiones de bosque caducifolio, formando con el tiempo los primeros asentamientos agrícolas. Los griegos y los romanos despoblaron grandes zonas del Mediterráneo, pero hasta la Edad Media no se abrieron brechas importantes en los bosques europeos (en América del Norte no sucedió hasta que los colonos comenzaron a asentarse en el siglo xix). El hecho de que la caza fuera un privilegio feudal celosamente guardado fue la salvación de muchos bosques de Europa Occidental. En muchas lenguas, bosques y coto de caza eran sinónimos. Cuando a los campesinos suecos se les concedió el derecho a la caza, a finales del siglo xviii, al cabo de unos pocos años los grandes animales se encontraban al borde de la extinción.

En las zonas de bosque caducifolio, los ingresos obtenidos por los derechos de caza siguen teniéndose muy en cuenta y hasta cierto punto permiten la supervivencia de medios de bosque mixto ecológicamente productivos. En las regiones de coníferas, escasamente pobladas, los bosques se aprovechan más concretamente como fuentes de materias primas para las industrias madereras y del papel.

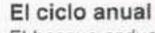
#### Bosque mixto

En el bosque mixto las especies más frecuentes son los árboles caducifolios resistentes, como el abedul y las diversas especies de salix (sauce, etc.). Las coniferas crecen principalmente en suelos pobres. Los diversos medios de los bosques mixtos ofrecen una amplia selección de nichos ecológicos especializados y, consecuentemente, una fauna diversificada. Sin embargo, este tipo de bosque mixto es actualmente poco frecuente. Se han desbrozado grandes zonas para cultivos y las que aun quedan están en peligro de ser sustituidas por monocultivos de coniferas de mas rapido crecimiento y comercialmente más atractivas.

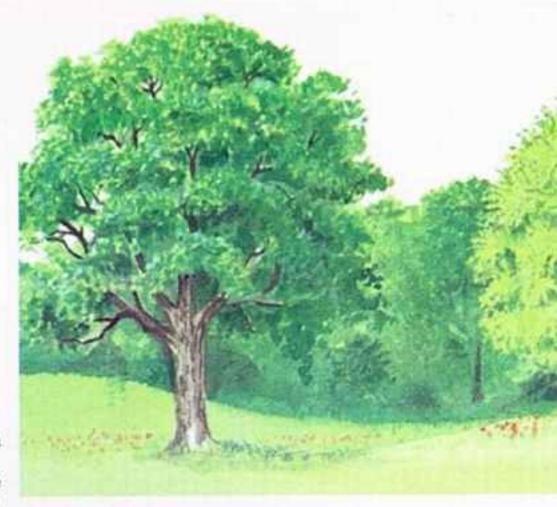


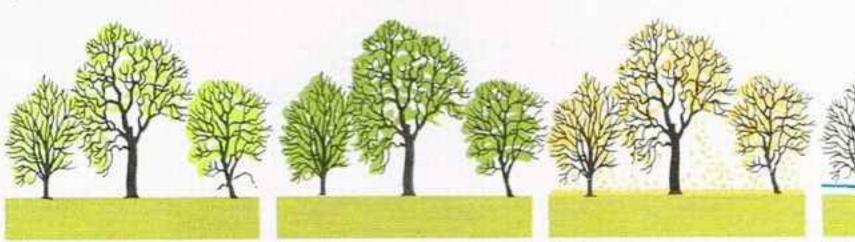
#### Bosque caducifolio

El bosque caducifolio lo forman principalmente árboles duros como el roble, el haya, el olmo, el tilo, el arce. En zonas de claro clima marítimo es característico el acebo perenne. Debido a la densa y sombreada bóveda, la vegetación del suelo no es tan abundante como en el bosque mixto, aunque sigue siendo muy productivo. Este tipo de bosque duro escasea aun más que el bosque mixto, ya que desde la Edad Media ha estado sometido a rozas para facilitar los cultivos.



El bosque caducifolio experimenta cambios estacionales, con una estación de crecimiento que va de primavera a otoño, seguida por un periodo de latencia en invierno.



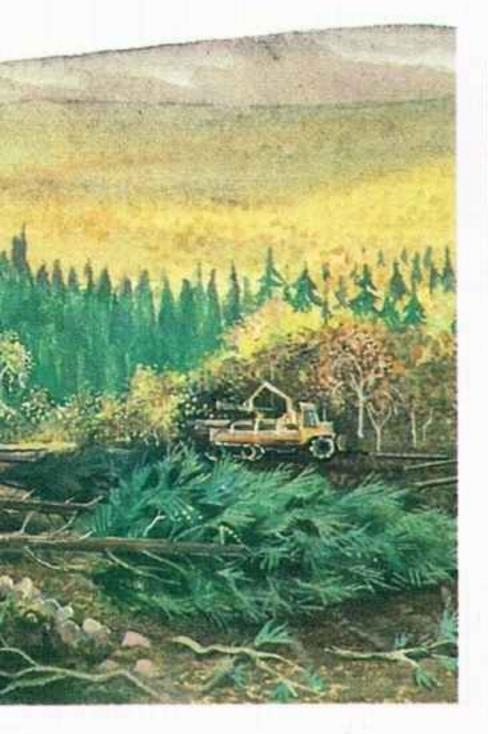


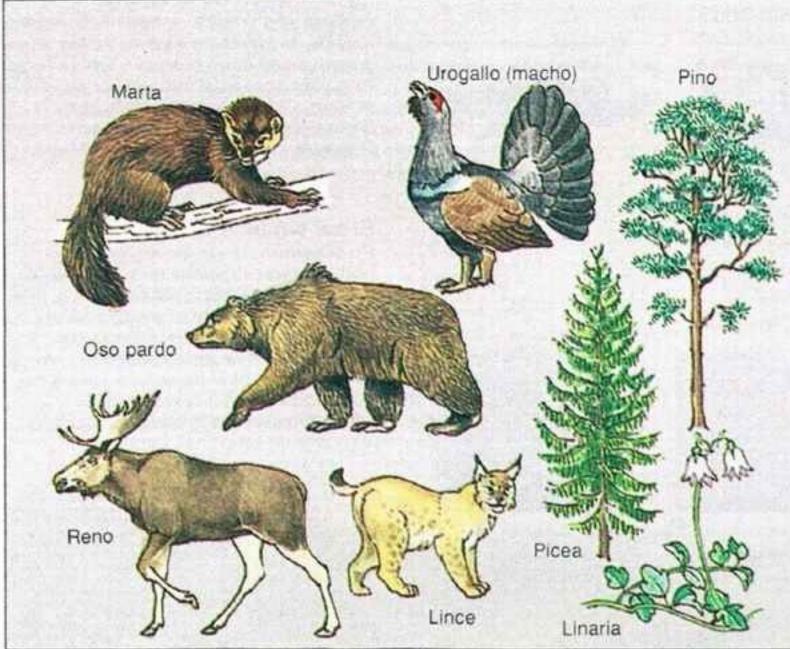
Primavera

Verano

Otoño

Invier





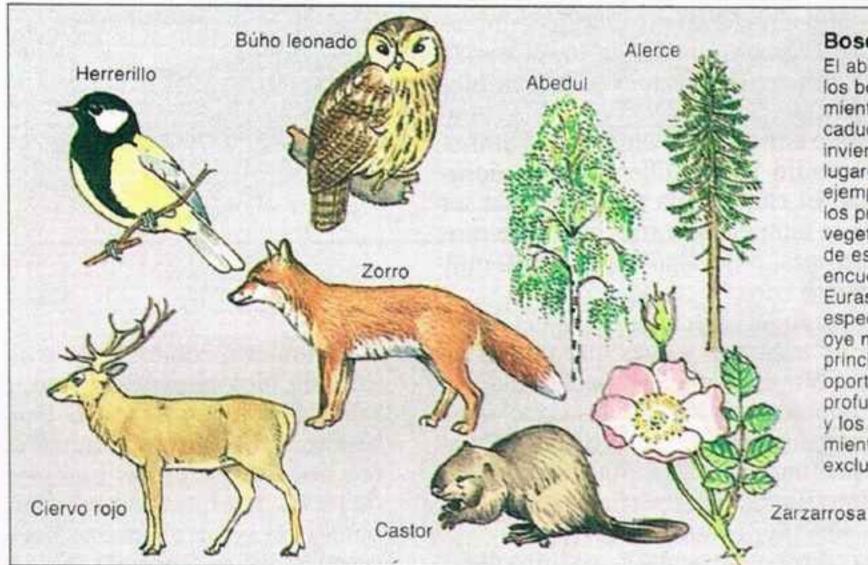
#### Flora y fauna de los bosques

Las especies de la izquierda son nativas de Europa y Asia. America del Norte tiene plantas y animales similares, situados en nichos ecológicos correspondientes. En los bosques de coniferas las especies son casi identicas a ambos lados del Atlántico.

#### Regiones de bosques de coniferas

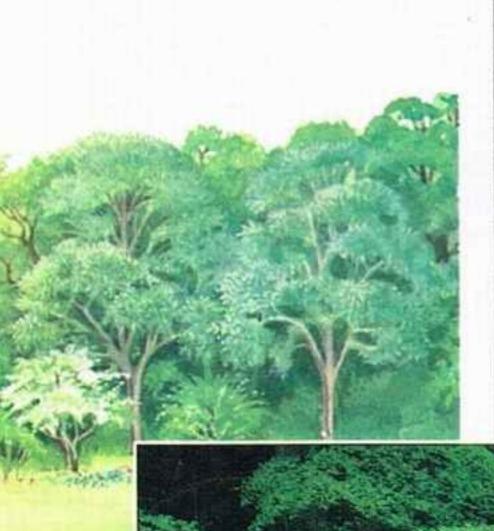
Los pinos crecen principalmente en suelos pobres, mientras que la picea o abeto prefiere suelos más ricos y más húmedos. La linaria es un representante de la abundante vegetación del suelo del bosque de coniferas. La marta es un carnivoro que atrapa a sus presas en los árboles. El urogallo se encuentra principalmente en bosque viejo de árboles altos. El óso pardo es la única especie de oso de Europa. Es herbivoro y carnivoro. El lince se encuentra en el norte y sur de Europa, principalmente en zonas montañosas. El reno es el mayor de la familia de los cérvidos y se alimenta de hojas, de ramas tiernas y de tallos de coniferas. El oso, el lince y el reno (alce) son también nativos de América del Norte.





#### Bosque mixto

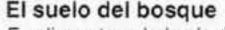
El abedul es el árbol más característico de los bosques de caducifolios del norte. mientras que el alerce es una conifera caducifolia que pierde sus agujas en invierno. La zarzarrosa es frecuente en lugares abiertos con abundante luz, por ejemplo, en los bordes de los bosques y en los prados. La amplia variedad de la vegetación sostienen una gran abundancia de especies de aves. El herrerillo se encuentra en toda al zona templada de Eurasia. El búho leonado es especificamente nocturno, por lo que se le oye más que se le ve. El ciervo rojo es principalmente herbivoro. El zorro es un oportunista, que frecuenta asiduamente las profundidades de los bosques y las granjas y los alrededores de las poblaciones, mientras que el castor se limita exclusivamente a medios acuáticos.





#### Bosque caducifolio

El roble y el haya son típicos de los bosques de caducifolios europeos, y sus frutos, las bellotas y los hayucos, constituyen una fuente vital de alimento para los jabalies y muchos otros animales del bosque. El roble deja pasar más luz que el haya, por lo que permite una vegetación del suelo más diversificada. Las anénomas de los bosques florecen profusamente al comienzo de la primavera, antes y durante la floración de los árboles. El corzo se desplaza principalmente al anochecer y al amanecer, pudiendose así adaptar a medios modificados por el hombre, Igualmente, el abali es principalmente nocturno. La ardilla roja europea no se limita al bosque caducifolio, sino que puede sobrevivir lo mismo de piñones que de bellotas. El gavilán ataca a los pájaros pequeños y la paloma torcaz se oculta modestamente en las profundidades del bosque.



En climas templados la descomposición de la biomasa muerta es un proceso lento, por lo que el suelo se cubre con una capa profunda de hojas, agujas, ramas de años anteriores; la capa inferior se encuentra en un estado más avanzado de descomposición. Hay, pues, abundante alimento a ras del suelo, y es la luz la que constituye el factor limitante del crecimiento de la vegetación. El bosque de hayas (izquierda), con sus bóvedas extremadamente densas, tiene una flora muy escasa y sólo pueden sobrevivir las plantas que florecen a comienzos de la primavera.

### La tundra



Los climatólogos definen la tundra de una manera sencilla: una zona en la cual la temperatura media mensual no sobrepasa jamás los +10°C. Para los ecologistas y los esquimales la tundra es la zona situada entre el final del cinturón de bosques y el suelo helado y estéril de los desiertos árticos. El clima y el medio natural de la tundra no es sólo cuestión de latitud, sino también de altura. Son frecuentes los medios de tundra en cordilleras montañosas alejadas de sus límites normales. El clima de la tundra puede ser del tipo marítimo, con cambios de temperatura relativamente moderados y abundantes precipitaciones, o del tipo continental, muy seco con inviernos extremadamente fríos.

La tundra es un mundo de cambios estacionales espectaculares. En verano el paisaje bulle de animales y aves que parten en otoño. En invierno sólo permanecen unas pocas especies adaptadas al frío. El estado del suelo también cambia con las estaciones. Durante todo el año el *permafrost* mantiene el suelo helado. En el norte de Siberia alcanza una profundidad de 1.500 metros. En verano se deshielan unos decímetros de la superficie, formando una zona activa en la que es posible la producción biológica.

Durante la glaciación más reciente, que acabó hace aproximadamente 10.000 años, la mayor parte de Europa, Asia y América del Norte estuvo cubierta de tundra. El medio de la época glacial y la tundra de hoy tienen mucho en común, caracterizándose ambos por pocas especies muy abundantes. Una sola especie vegetal puede cubrir una amplia zona, y aves y mamíferos suelen encontrarse en bandadas o rebaños numerosos. En este medio inestable la evolución no ha tenido aún tiempo de crear nichos ecológicos muy depurados.

Los cazadores y nómadas de la tundra empleaban una tecnología sencilla aunque muy refinada. No alteraban el equilibrio de

#### La extensión de la tundra

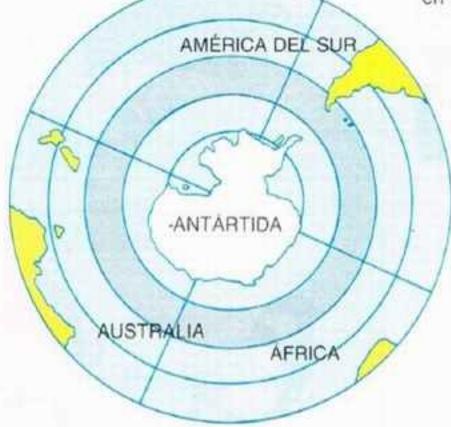
La tundra es la zona de vegetación comprendida entre el bosque de coniferas y los desiertos árticos. La línea de demarcación entre bosque y tundra la determina el clima, extendiéndose más hacia el sur en el Nuevo Mundo que en el Viejo. Otro factor determinante es la altura: muy al sur del límite normal de tundra, en regiones montañosas como las Rocosas y los Urales, existe vegetación de tundra.

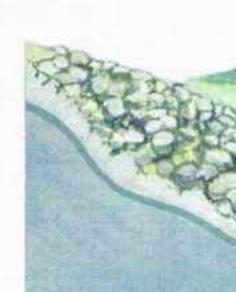
#### El sur sin tundra

En el hemisferio sur las regiones que podrían estar cubiertas de tundra (véase mapa inferior) están casi todas en el mar. Así, sólo se encuentran medios parecidos a la tundra maritima en la Tierra del Fuego y en ciertas islas oceánicas. Por la misma razón en el hemisferio sur no hay nada equivalente a las regiones septentrionales de bosques de coniferas.

Tierra, hielo y agua

Cuando se hiela un suelo muy húmedo, se forman fisuras en las que caen diminutas particulas de tierra. Así, todos los inviernos los materiales finos descienden y los gruesos ascienden. Este proceso produce tipos diferentes de terreno pedregoso, que con frecuencia se dispone en terrazas en las vertientes.

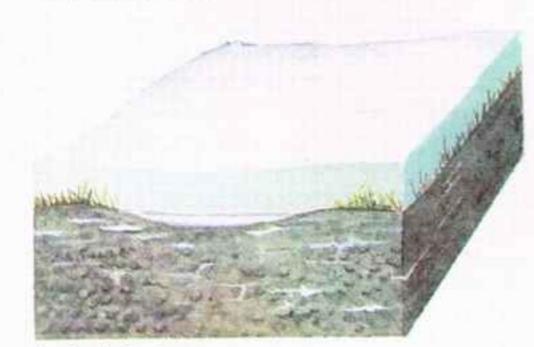




la naturaleza, contentándose con un diezmo de la abundante producción biológica del verano. El nivel de alimentación podía ser muy elevado, aunque no eran inusuales los años de escasez y hambre. A partir de la mitad del siglo xvIII los europeos empezaron a instalarse en las regiones árticas. La búsqueda de animales de pieles con fines comerciales diezmó la fauna, al tiempo que los nativos se veían afectados por las enfermedades y el alcohol. Las operaciones militares de la Segunda Guerra Mundial, la pesca industrial de la posguerra y la búsqueda de petróleo han pesado fuertemente sobre el medio de la tundra.

Los recién llegados han tenido que comprender que la tundra es un mundo diferente. Después de pasar un invierno retirando la capa superior aislante del suelo para construir un aeródromo, pueden encontrarse con que, en verano, al fundirse el *permafrost*, se hunde en una ciénaga de barro. Es fácil destruir el medio de la tundra, aunque vivir con él resulta difícil; requiere una tecnología bien adaptada y una atención especial, algo de lo que el hombre industrial no está siempre suficientemente dotado.

#### El permafrost



Suelo helado

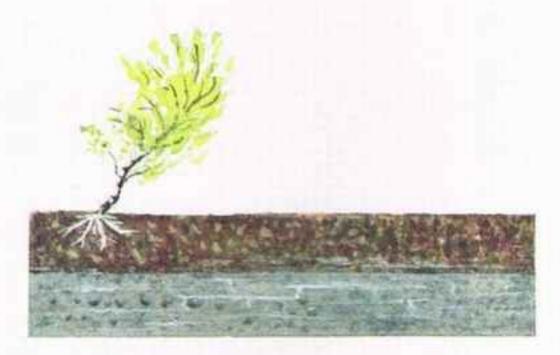
Durante el invierno una profunda capa del suelo de la tundra está helada (arriba) y durante la corta estación estival sólo se

deshiela una pequeña capa superficial

(derecha). Bajo ésta, el suelo



permanentemente helado (permafrost) impide la absorción del agua de la superficie, por lo que la capa superior está anegada y pantanosa en verano.



Por qué no hay árboles en la tundra El permafrost impide que las raices de los árboles penetren en el suelo. Las raices poco profundas agarran mal en el suelo pantanoso, por lo que cualquier tipo de árbol que pudiera crecer seria derribado por los vientos.

#### El medio de la tundra

#### Pantanos

Un rasgo común del paisaje de tundra son los

montes en forma de cruzeta, degastados y

"cordillera baja y yerma".

suavizados en épocas geológicas anteriores.

La palabra tundra, de origen finlandes, significa

Mesetas

El permafrost obstaculiza el drenaje del suelo, ya que el agua de la superficie no puede infiltrarse. En consecuencia, durante el verano grandes áreas se convierten en pantanos en los que se desarrollan miles de millones de pequeñas moscas que pueden enloquecer a los renos y llevarlos a la muerte.

#### Mar y costa

Las aguas árticas contienen abundante alimento y producen grandes cantidades de crustáceos. Nada más desaparecer el hielo en primavera, aparecen grandes bandadas de aves marinas y aves zancudas. Anidan en la región por la abundancia de alimento, aunque cuando sus crias han aprendido a volar, regresan al sur.

#### El hombre y la tundra

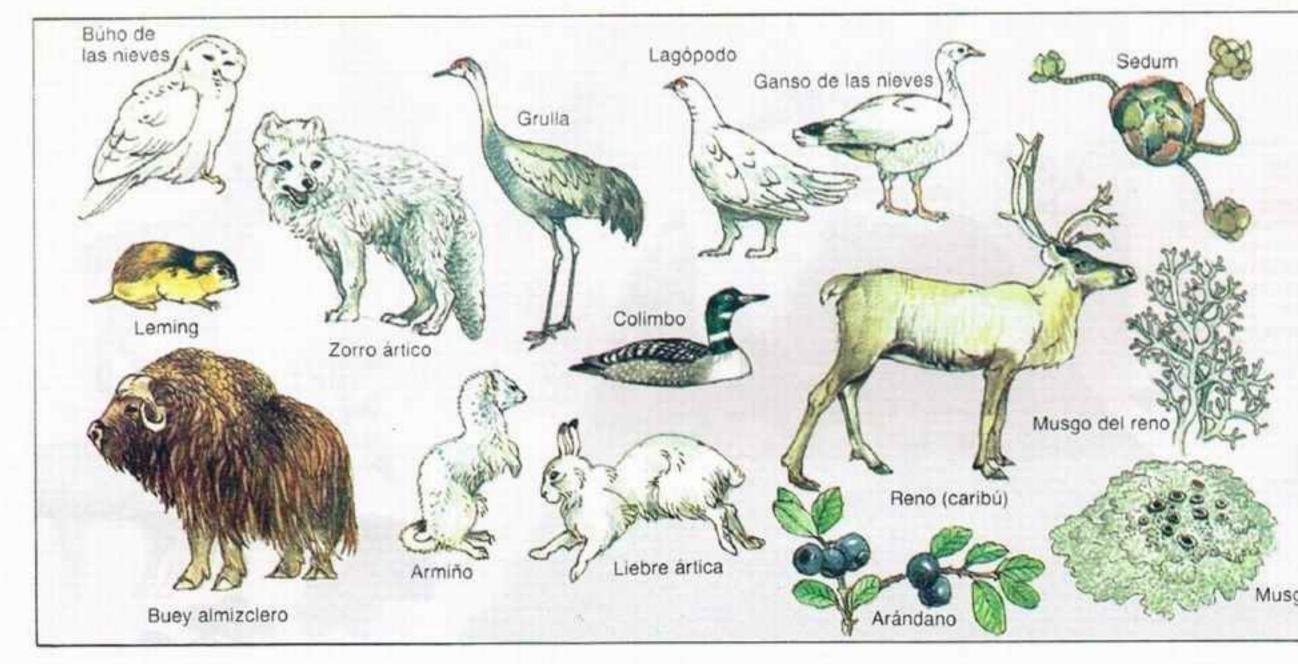
Los primeros cazadores alteraron poco el medio. El hombre industrial no vive en la tundra, aunque explota sus recursos naturales, como el petroleo. Debido a que la estación de actividad biológica es breve, la capacidad de la naturaleza para descomponer los desechos y reparar los daños hechos a la vegetación es limitada.

#### Fauna estival

Los escasos y largos días de verano producen abundante alimento que atrae a los renos y a muchas especies de aves que han pasado el invierno en los cinturones de bosques o incluso más al sur. Sin embargo, el equilibrio ecológico es inestable y las poblaciones animales pueden variar mucho de un año a otro.

#### La vegetación de la tundra

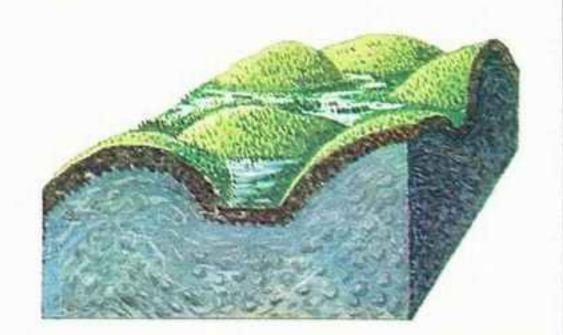
está formada por matorral, musgos, liquenes y algas. No suele sobrepasar los 50 cm de altura, ya que las plantas perennes necesitan la protección de la nieve aislante para sobrevivir el invierno. Los vientos constantes contribuyen igualmente a mantener los matorrales bajos y pegados al suelo.



#### Flora y fauna de la tundra

En la tundra el invierno es el señor principal, el «yugo» por el que tienen que pasar todas las formas de vida Las adaptaciones son muchas y muy variadas: pieles, orejas pequeñas y patas con plumas reducen la pérdida de calor. El reno se desplaza al sur y los lemings excavan madrigueras en el suelo. Los lemings son famosos por sus poblaciones fluctuantes, aunque tal característica es compartida por las ratas almizcleras y otros roedores. Las "explosiones de roedores". seguidas del "derrumbamiento" de la población, entrañan las correspondientes variaciones entre predadores, como el buno de las nieves y el zorro ártico. Las especies de aves no migratorias, como el lagópodo, se suelen volver blancas en invierno. Las plantas perennes se adaptan a las condiciones del invierno creciendo muy pegadas al suelo.

#### Turba y hielo



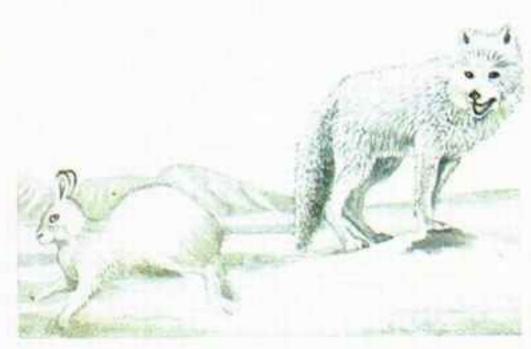
Los pantanos de la tundra están formados por pequeñas elevaciones, paísas, separadas por depresiones anegadas. Cuando se hiela, la turba se eleva, formando diminutas colinas. En verano sólo se deshielan unos cm superficiales. Al invierno siguiente absorben más agua, que se hiela, y aumentan las paísas.

#### Camuflaje invernal

El paisaje de la tundra cambia espectacularmente del verano al invierno. La ausencia de vegetación protectora hace doblemente necesario el camuflaje invernal blanco, tanto de predadores como de presas. Gracias a la capa blanca liebre corre menos peligro de ser localizada, el color blanco del zorro ártico en invierno le permite acechar a su presa. Este cambio de color no lo causa la

nieve directamente, sino las variaciones de luz. Asi, en los inviernos con poca nieve, es fácil distinguir a los animales blancos sobre el suelo oscuro, mientras que en las primaveras con mucha nieve sucede lo contrario. Los animales migratorios (reno) y los que se entierran (lemings) no necesitan cambiar de color.





### La montaña

En relación con el tamaño de la Tierra, las montañas más altas son como simples arrugas en su rostro. La altura del Everest es setecientas veces menor que el radio del globo, y el Himalaya apenas se apreciaría desde el espacio, con excepción de los diferentes colores de la vegetación de los diversos niveles. Y en relación a la zona de llanuras, las zonas de muy alta montaña son igualmente reducidas.

Diferencias de altura aparentemente pequeñas sobre el nivel del mar pueden entrañar grandes diferencias de clima, de flora y de fauna. Con un aumento de unos cientos de metros, el medio puede cambiar tanto como si se acercara varios cientos de kilómetros hacia los Polos. La ecología de las montañas es, pues, muy distinta de la de las llanuras vecinas. Las montañas influyen también en el clima de las llanuras, modificando la circulación del aire, las precipitaciones y las corrientes de los ríos.

Las zonas ecológicas de la montaña

La clara disposición de las laderas montañosas en «pisos», cada uno con su propia vegetación, demuestra la relación entre ecología y altura. En muchos casos, los picos más elevados carecen de vegetación, con rocas desnudas, nieves perpetuas y glaciares. Los glaciares son más comunes en el lado de barlovento, donde la turbulencia del aire forma profundos ventisqueros.

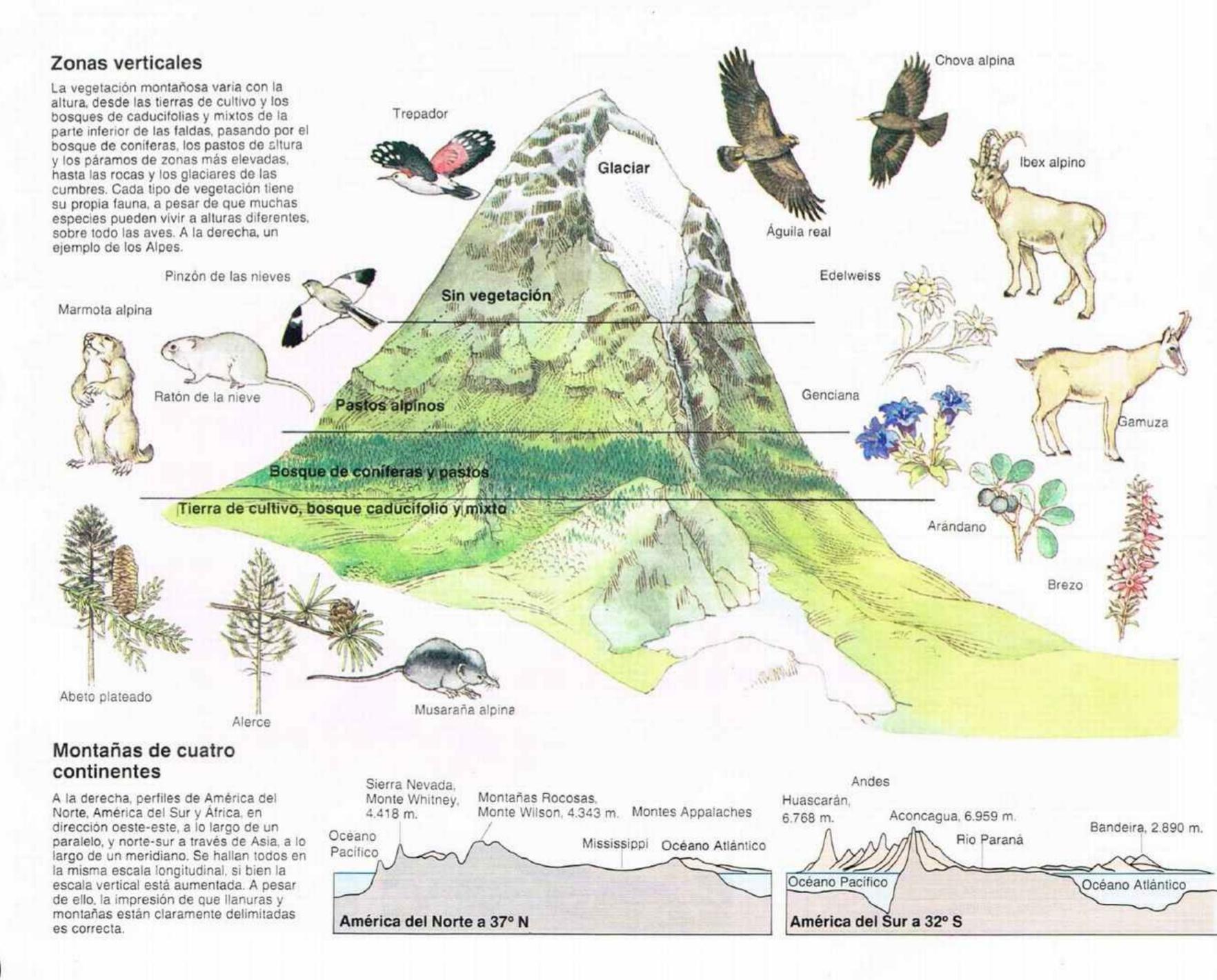
Por debajo de la línea de nieves se encuentran los pastos alpinos y los páramos cubiertos de matorrales. Aquí las especies no suelen ser las mismas de la tundra ártica, aunque las condiciones son similares. En las regiones montañosas con escarpadas pendientes, el límite de bosques está marcado de forma clara, mientras que en las montañas subárticas más bajas hay una zona de transición muy parecida a la existente entre el bosque de coníferas y la tundra, con bosques de abedules cada vez más degradados. La temperatura es el principal factor determinante del límite de bosques, al igual que del límite entre bosque y tundra, aunque el viento y la duración de las nieves de primavera desempeñan también un papel importante. En las regiones tropicales montañosas hay zonas de transición específicas y diferenciadas de bosques brumosos.

En las zonas templadas, el bosque de coníferas comienza a veces directamente en el límite de bosques, sin la zona de transición del bosque de abedules degradado. En los Alpes el árbol más característico es el abeto plateado. En esta zona son frecuentes los pastos. La palabra «Alp» significa realmente pasto de montaña en alemán. A medida que el bosque va descendiendo por la ladera, aumenta la proporción de árboles caducifolios, aunque más abajo la vegetación natural está muy transformada por la agricultura.

Debido a su movilidad, los animales están menos limitados que las plantas a zonas concretas. Incluso por encima del límite de bosques existen numerosas especies de animales grandes, incluyendo el reno, el águila real y, en Asia, el leopardo de las nieves.

#### La montaña y el hombre

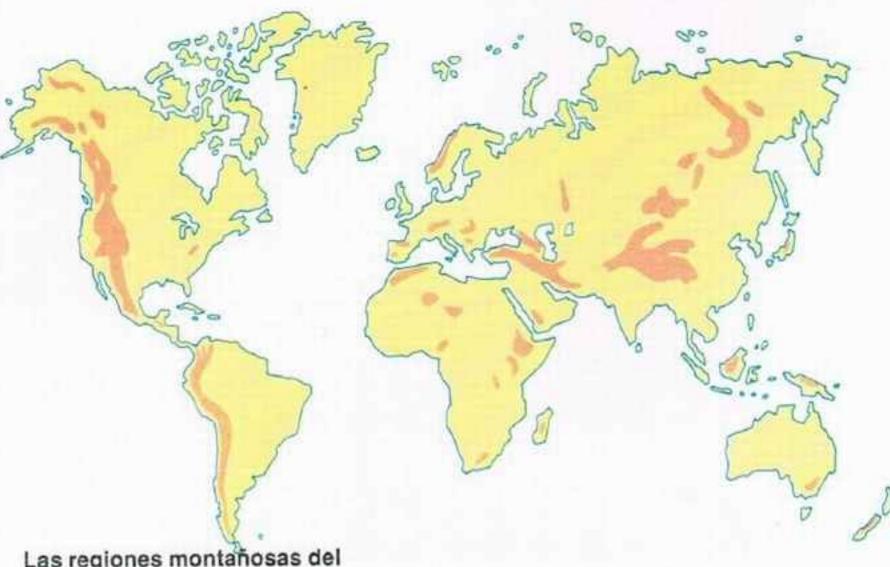
En las regiones montañosas las precipitaciones son abundantes. Los arroyos bajan por las pendientes de montañas y glaciares, formando rápidos y cascadas. Más abajo, estos arroyos se unen formando ríos. En los Alpes nacen los ríos más grandes de Europa (el Rhin, el Ródano, el Danubio, el Po), mientras que el Indo, el Ganges, el Mekong y el Yang Tse (Azul) nacen todos en el Hima-



laya. En los valles el agua corre más lentamente, depositando los sedimentos, por lo que los suelos suelen ser más fértiles y estar

más poblados.

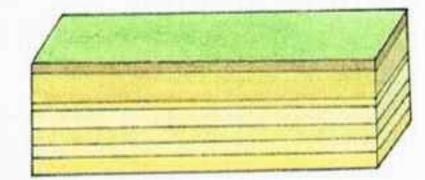
En contraste, el medio montañoso es duro. Muchos de los cultivos tradicionales del hombre no crecen a grandes alturas. Las tribus y los pueblos que pudieron asentarse en las llanuras prefirieron permanecer en ellas, engendrando el tradicional antagonismo entre los «civilizados» habitantes de las llanuras y los «bárbaros» montañeses que se da en todo el mundo. En Occidente, incluso en épocas muy recientes, la gente «educada» consideraba la montaña como un horrible desierto. A partir del Renacimiento se dieron excepciones, Petrarca y Rousseau entre otros, aunque el gran cambio de actitud no se dio hasta la llegada del Romanticismo, a principios del siglo xix. Por entonces, carreteras, ferrocarriles, puentes y túneles habían facilitado el acceso a las montañas. Hoy día las montañas de Europa y América del Norte son lugares de recreo en los que los excursionistas buscan descanso y paz, objetivos cada vez más difíciles de obtener en la locura de los modernos centros de vacaciones.



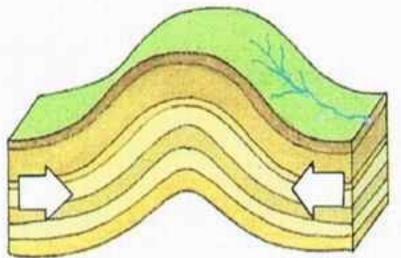
#### Las regiones montañosas del mundo

se encuentran donde han entrado en colisión las placas de la corteza terrestre, produciendo pliegues. Los Andes, los Alpes y el Himalaya están aún en proceso de formación mediante continuos movimientos de placas. Las montañas de Escandinavia y de Escocia fueron las primeras en formarse hace unos 500 millones de años.

#### Formación de una montaña



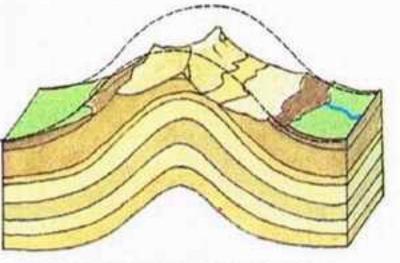
En general, las rocas que forman la corteza terrestre están colocadas unas sobre otras en capas horizontales, ya que los sedimentos se depositaron en el agua. La capa superior está cubierta de suelos móviles con vegetación.



Las fuerzas de compresión de origen formando una cadena montañosa. El agua



tectónico hacen plegarse a la corteza, corre a gran velocidad por las pendientes escarpadas, provocando una erosión excepcionalmente rápida.



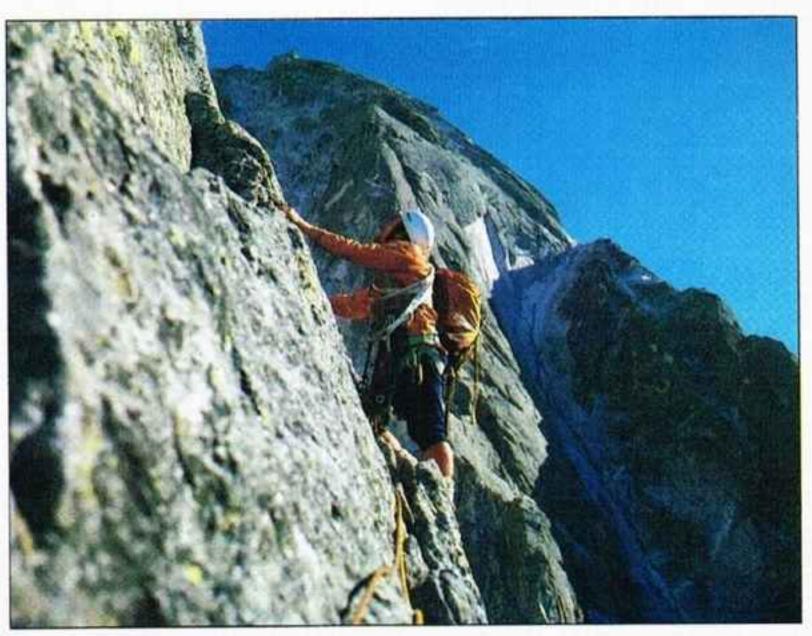
La erosión del agua y de los glaciares esculpe el tipico relieve montañoso, con sus cumbres y precipicios, aunque al mismo tiempo esta erosión hace descender la superficie del suelo por debajo de su nivel original (linea discontinua).

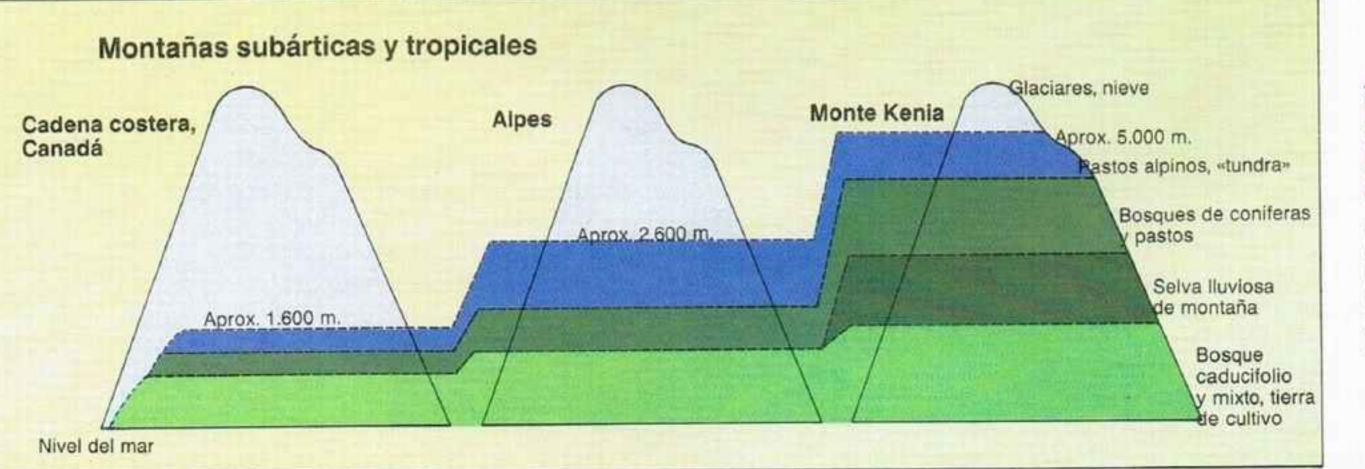
#### El alpinismo

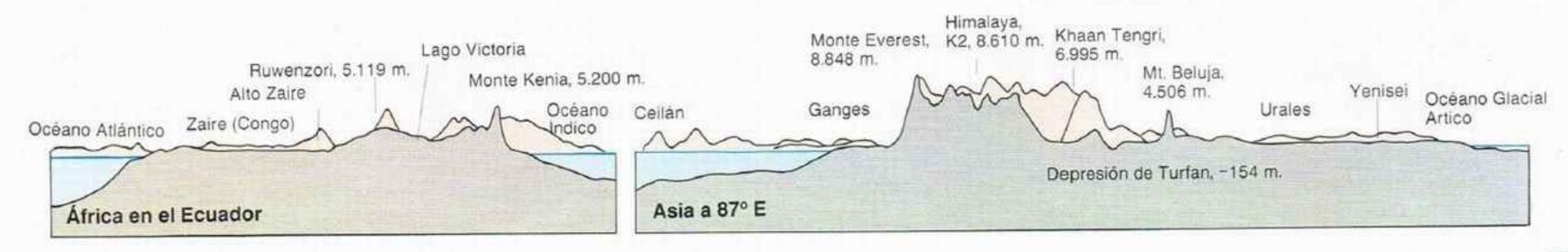
es una afición espectacular y peligrosa apreciada por poca gente. Otras personas menos adiestradas buscan también recreo en las montañas, sin evitarlas como sucedia en el pasado.

#### Las diversas alturas y el clima

Las zonas de vegetación de las montañas son muy parecidas en todas partes. Las nieves del Kilimanjaro y del Monte Kenia son fragmentos del Ártico en el Ecuador; por debajo de ellas, la vegetación es de páramo y del tipo tundra. Los limites de las nieves perpetuas se encuentran a mayor altura en África que en Canadá, como sucede con las otras zonas. Las montañas ecuatoriales de África tienen también un cinturón de bosques tropicales de montaña que sólo existen en los trópicos. En Canada, el clima frío y las abundantes precipitaciones hacen que los glaciares de la costa oeste lleguen hasta las costas del Pacifico.







### Vivir de la tierra

#### El ciclo de cultivos

#### Roza de tierras tropicales

La roza por fuego de las regiones de bosque y sabana es una de las formas más antiguas de agricultura. He aquí un ejemplo (derecha) de cómo se realiza en las montañas de Nueva Guinea. Tras 14-24 meses, los campos se abandonan y el bosque recupera la tierra, que permanece varias décadas en reposo. Si la repoblación se desarrolla de manera ininterrumpida, los efectos sobre el medio son mínimos. Pero cuando el aumento de la población y la pobreza obligan a realizar métodos de desforestación más inexorables, se puede producir la destrucción de todo el sistema ecológico.

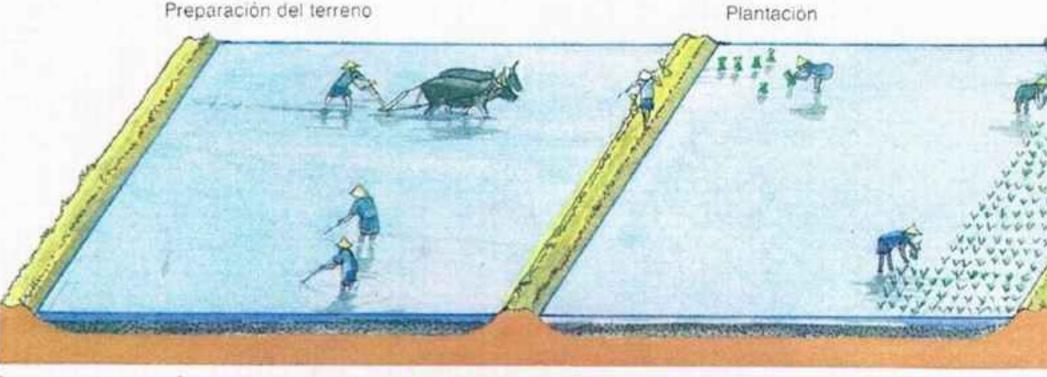


Se desbroza el suelo y se queman árboles y ramas. Los minerales de las cenizas nutren el suelo. Los tocones de los árboles y los grandes troncos se dejan donde estaban, contribuyendo a impedir la erosión de las abruptas vertientes montañosas.

Se cercan los campos para mantener alejados a los animales. Se plantan taros, ñames, judias, plátanos, etc., en parcelas mixtas a fin de que las varias capas de vegetación protegan el suelo de las lluvias violentas, al tiempo que se obtiene el mayor aprovechamiento del sol.

#### Cultivo de arroz

De todos los cereales del mundo, el arroz es el más utilizado como alimento base, siendo en su mayoria de arrozal, lo que requiere un sistema de regadio eficaz. Las comunidades del sureste asiático y del sur de China están muy influidas por las necesidades y las labores del cultivo de arroz. Según el clima local, un campo puede dar hasta tres cosechas al año, aunque la mayoria de campesinos emplean un sistema de rotación de cultivos. Un «cultivo» alternativo es el pescado, que puede criarse en los anegados arrozales.

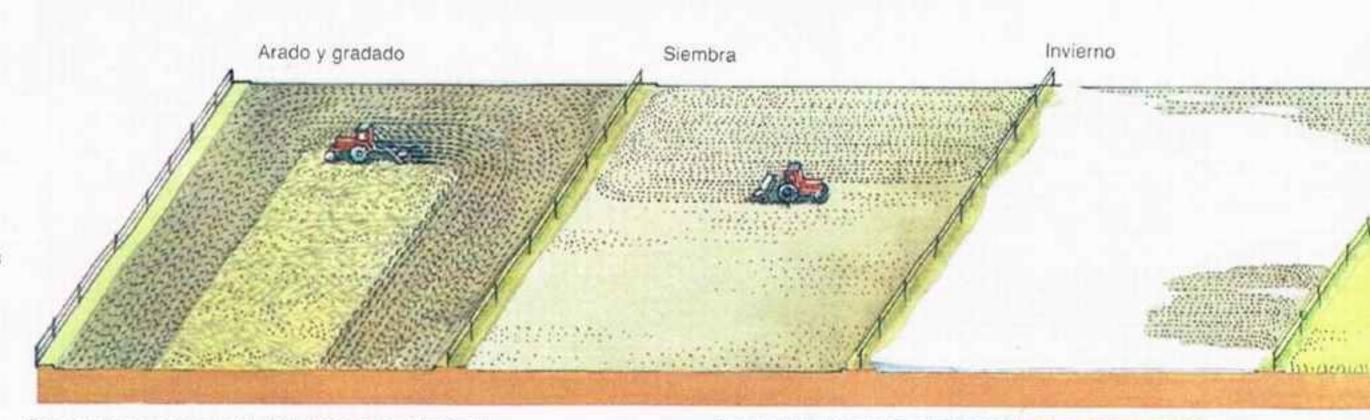


Se anega el campo. Se prepara el suelo con azadones, arados tirados por búfalos y motocultivadoras, creando una capa de barro en el fondo. Las orillas que separan los campos retienen el agua y sirven de senderos.

Las plantas de arroz, germinadas en semilleros, se plantan a mano en el barro. El cultivo de arroz requiere mucha mano de obra, aunque esta abunda tanto y es tan barata que no seria rentable mecanizar totalmente el sistema.

#### El trigo de invierno

es un cultivo importante de las zonas templadas. Todos los cereales son especies herbáceas cultivadas, y la siembra del trigo en otoño imita el ciclo reproductivo normal de las hierbas: las plantas maduras echan sus semillas en otoño, permaneciendo en estado latente en invierno y germinando en primavera. Otra variedad es el trigo de primavera: las semillas se siembran en primavera y se cosechan en otoño del mismo año. En este caso, la cosecha se realiza a finales de la estación. El trigo de invierno es más apto para regiones con un periodo vegetativo corto.



Primero se ara y se grada el terreno. Esto retrasa el crecimiento de las malas hierbas, permitiendo adelantarse a los tallos de trigo. La siembra, antiguamente realizada a mano, está ahora totalmente mecanizada.

Es beneficioso que en el invierno la tierra esté protegida contra las heladas por una capa aislante de nieve. Un invierno frio con poca nieve suele dar una cosecha pobre. En cuanto la nieve se funde y el sol calienta la tierra, las semillas empiezan a germinar.

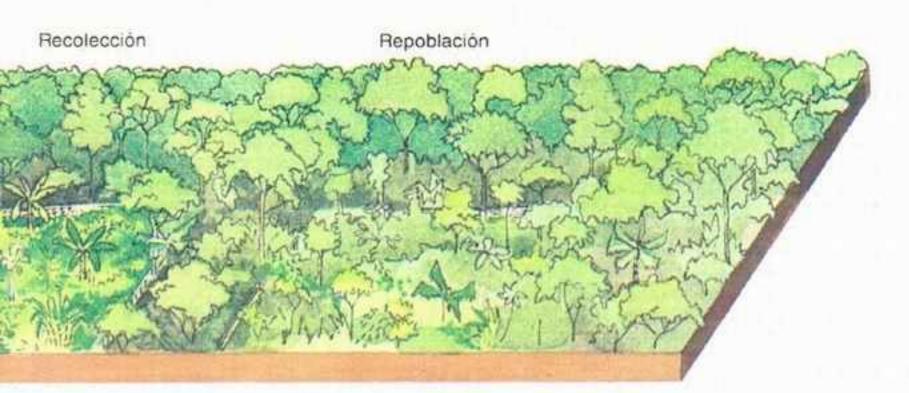
La transición a la agricultura se ha producido en muchos casos como reacción ante una crisis local de escasez de alimentos. Cazadores y recolectores tienen excelentes conocimientos de biología práctica y no es la ignorancia lo que les impide cultivar la tierra. Pero mientras pueden mantener la vida libre del cazador no se sienten inclinados a dedicarse a las arduas y monótonas faenas agrícolas. La agricultura surge en zonas en las que una población en crecimiento ha iniciado un asentamiento permanente y han empezado a escasear las fuentes tradicionales de alimentos. Esto sucedió en el Próximo Oriente hace entre 8.000 y 10.000 años. Allí, los cereales híbridos del género *Triticum* desempeñaron un papel importante en la alimentación. Cuando dejaron de recogerse las semillas de las cosechas silvestres, recolectándose en campos cultivados, la hierba se convirtió en trigo cultivado.

Los primeros prehistoriadores consideraban a la ganadería como una actividad más «primitiva» y, consecuentemente, más antigua que la agricultura. No es así. Fueron los agricultores quienes empezaron a criar ovejas y cabras, vacas y cerdos para complementar su régimen de cereales con carne y leche. La ganadería nómada constituye una adaptación ecológica a las zonas áridas en las que la agricultura es una actividad precaria.

La transición a un hábitat permanente y la agricultura constituyeron una revolución: podía aumentar la población y se podían cobrar impuestos a los campesinos para alimentar a reyes, sacerdotes, escribas y soldados. La agricultura abrió el camino de la diferenciación social y de la especialización, aunque a pesar de todo no fue en conjunto una bendición. Se cree que la dieta desequilibrada y las enfermedades contagiosas acortaron la media de vida, y muchos de los primeros asentamientos quedaron literalmente sepultados en sus propias basuras.

La mayor parte de la población mundial sigue dedicada a la agricultura. Entre el 75 y el 90 por 100 de los habitantes del Tercer Mundo trabajan la tierra, aunque lo que producen apenas llega para cubrir sus necesidades. El excedente comercializable es pequeño; el objetivo de la agricultura es la subsistencia. Por otro lado, en los países industrializados no pasan del 5 al 10 por 100 las personas dedicadas a la agricultura comercial, aunque sus «cultivos comerciales» alimentan a todo el país. ¿Cómo se ha llegado a esta diferencia?

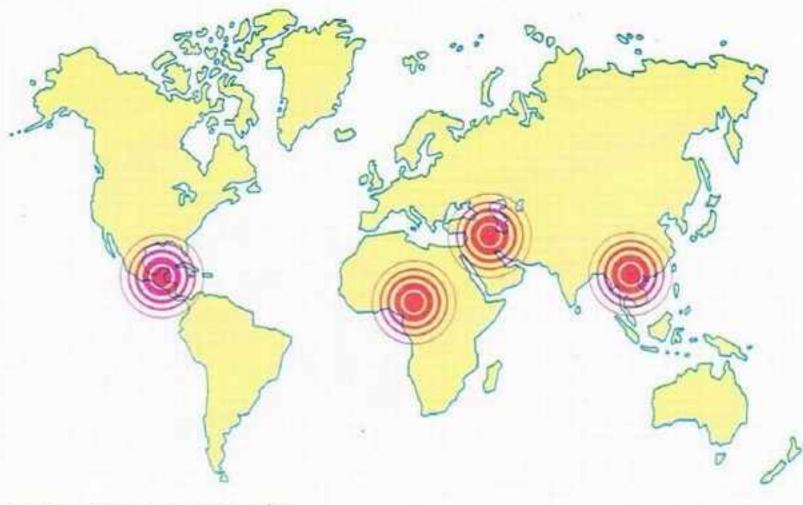
La agricultura fija la energía solar en alimentos energéticos. Esta producción de energía comestible requiere cierta aportación de trabajo. En la agricultura «primitiva» la aportación consistía



Durante el breve periodo de cultivo empiezan a crecer nuevos árboles, actividad propiciada por los agricultores; las cercas los protegen de los animales. Así, cuando se abandonan estos campos el proceso de repoblación es muy rápido.



maduración y la recolección se llevan a cabo sobre suelo seco. La hoz y el balancin siguen siendo los aperos más importantes en las zonas arroceras de Asia.



#### Revoluciones agrícolas

Los primeros pasos de la caza y la recolección a la agricultura se dieron de forma independiente en al menos cuatro regiones: las mesetas de Irán, el Sureste asiático, África del Oeste y América Central. Fuera de estas zonas se han domesticado también muchas plantas de cultivo importantes.



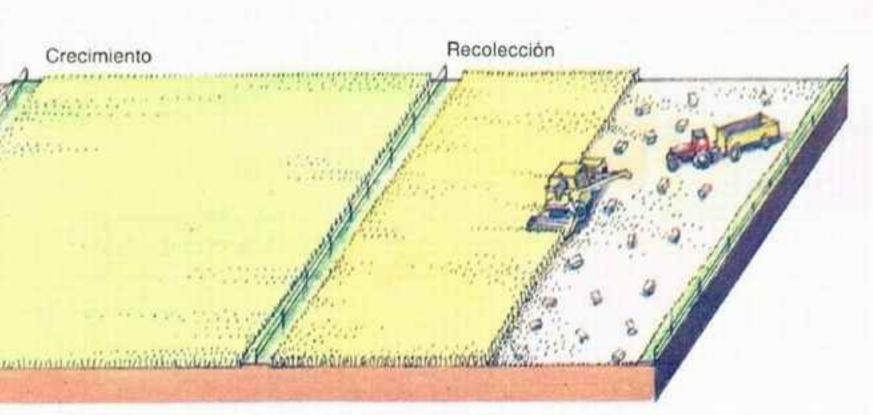
Suelo desnudo

Hierbas y plantas anuales

Plantas vivaces y arbustos

Bosque joven

Bosque maduro



Normalmente hay que combatir las malas hierbas en la muy dependiente del buen tiempo, ya que el grano húmedo se deteriora rápidamente; tiene que ser un proceso rápido,

época de cultivo. La recolección es una operación delicada por lo que está muy mecanizada.

principalmente en fuerza muscular, la energía de hombres y animales que, a su vez, provenía del alimento que acaban de producir. Este equilibrio energético agrícola produce un excedente que puede utilizarse para otras actividades. Los modernos métodos de cultivo son mucho más productivos, aunque esta alta productividad se obtiene mediante una masiva aportación de energía de otro origen, generada industrialmente: combustibles, fertilizantes, pesticidas, regadíos mecánicos y transporte. Esta contribución global es tan ingente que no puede obtenerse de la energía solar fijada, sino que proviene en su mayoría del carbón y del petróleo. Así, en términos estrictamente energéticos, la agricultura moderna es deficitaria. Pero el rendimiento global es impresionante, a pesar de que los sistemas intensivos tradicionales del Sureste asiático producen probablemente el mayor rendimiento por unidad de superficie.

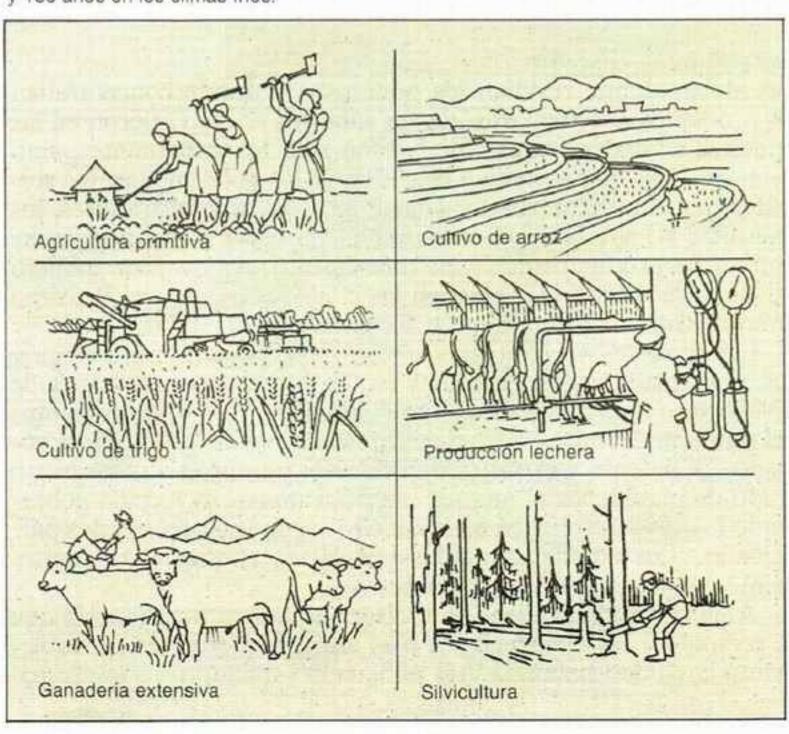
Así pues, la agricultura moderna es imposible sin una base industrial. Pero el alimento que consumimos en la sociedad industrial procede casi exclusivamente de la agricultura, por lo que puede decirse que vivimos en una sociedad agrícola. Si nuestro sistema agrícola se viniera abajo, la avanzada tecnología industrial no nos salvaría del hambre.

#### Sucesión natural

Si se desbroza una franja de tierra, y se deja libre, las primeras plantas que crecen en ella son hierbas y plantas anuales. Tras uno o dos años surgen las vivaces, a las que les siguen los árboles jóvenes. En zonas de clima favorable la vegetación terminal está formada por bosques maduros. En la primera fase de esta sucesión (rectángulo punteado), el ritmo de crecimiento de la biomasa en intenso. El agricultor mantiene la tierra en condiciones óptimas de producción erradicando las malas hierbas, alternando las cosechas y enterrando al arar el excedente de biomasa.

#### El aprovechamiento de la tierra fértil

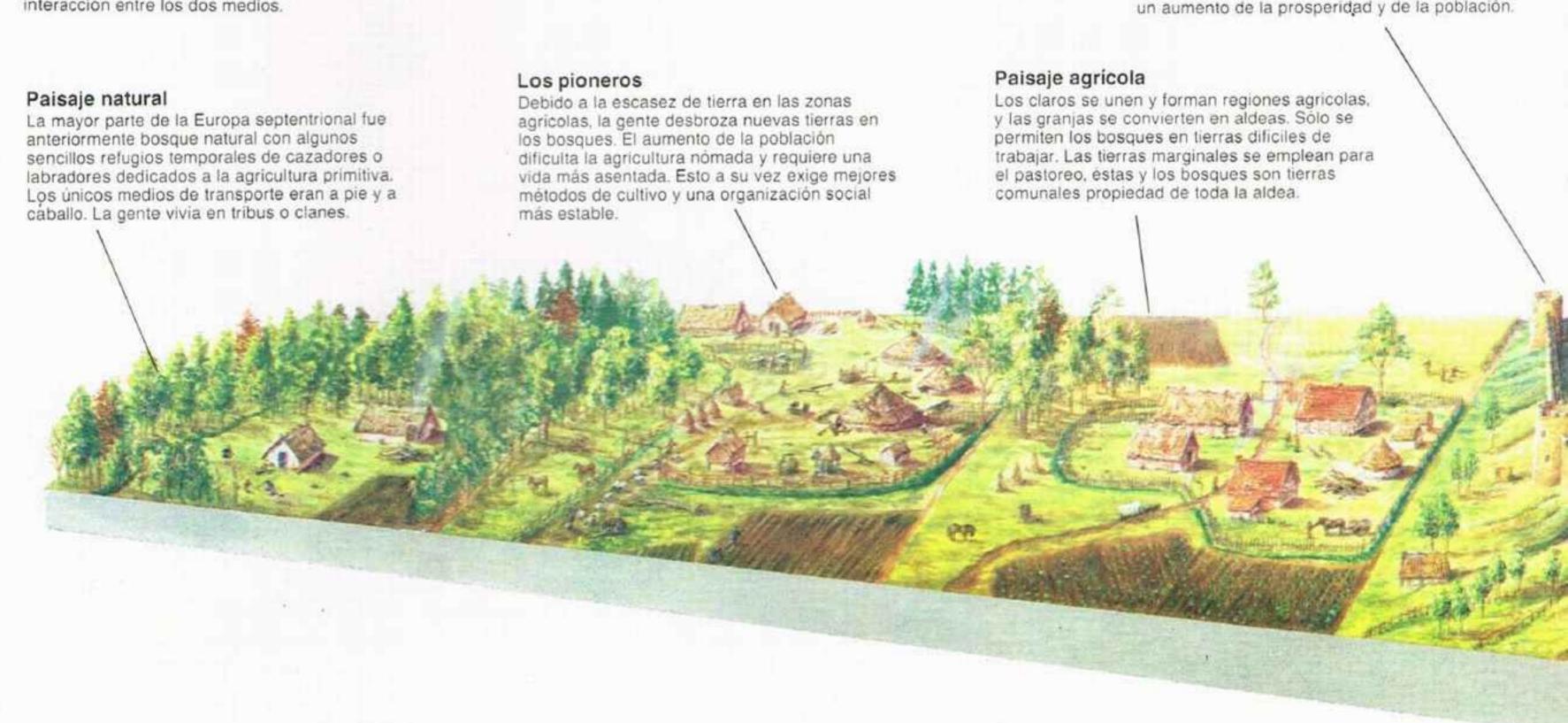
En la mayor parte del Tercer Mundo se sigue practicando la agricultura de subsistencia mediante aperos simples. Los campos de arroz en terraza han creado un «paisaje arrocero» único en el este asiático. La producción de trigo y leche predomina en las zonas templadas, mientras que la ganaderia extensiva tiene importancia donde las Iluvias son escasas y es imposible el regadio. La silvicultura es una industria mecanizada. Los árboles crecen lentamente, con un período de maduración de entre 20 años en los trópicos y 150 años en los climas frios.



### La urbanización

#### La urbanización del paisaje

Los emplazamientos donde se alzan nuestras ciudades fueron anteriormente tierra virgen que el hombre fue conquistando gradualmente. Las poblaciones han ido creciendo paulatinamente a lo largo de los siglos. Este proceso gradual y continuo no conduce necesariamente a la urbanización, pero la ciudad se forma en cierta fase de esa progresión. Se suele diferenciar claramente del campo circundante, desarrollándose cierto intercambio e interacción entre los dos medios.



Un conjunto de edificios o una agrupación de población en un punto no constituyen necesariamente una ciudad. Hay regiones agrícolas en Java, por ejemplo, donde la densidad de población es mayor que en muchas ciudades europeas, sin ser zonas urbanas. La definición de ciudad o población es principalmente funcional: los habitantes se especializan en campos distintos de la producción de alimentos y de materias primas. Se dedican a la industria, al comercio, a los servicios, a la administración, a la investigación y al desarrollo.

La relación ciudad-campo no ha sido siempre fácil. En la mayoría de las primeras civilizaciones, la población rural se hubiera desenvuelto igual o mejor sin ciudades. Hasta la aparición de la ciudad industrial, la comunidad urbana no pudo ofrecer a la rural algo valioso a cambio de sus alimentos y materias primas: productos industriales (maquinaria, productos químicos) para aumentar la producción agrícola.

Las primeras ciudades

Las aldeas donde residían los poderosos y donde concentraban los productos excedentarios de sus súbditos se convirtieron en las primeras ciudades. Aquí moraban no sólo los gobernantes, sino los sacerdotes que sostenían el poder de los gobernantes, los soldados que exterminaban a sus enemigos, los administradores, los artesanos y los criados, y los comerciantes que dirigían el intercambio de productos entre las diferentes ciudades. Este modelo existía hace unos 5.000 años en las ciudades estado del Próximo Oriente (Sumeria, Egipto) y en todo Asia.

Las ciudades más antiguas crecieron de manera espontánea y con poca planificación. En Ur y en Troya las sucesivas capas de desechos se iban acumulando gradualmente, y bajo los cimientos del moderno Londres se encuentran las ruinas del Londinium romano. La defensa y el tráfico de vehículos imponían a veces cierto grado de planificación, aunque era básicamente la facción gobernante la que determinaba el desarrollo según sus necesidades particulares. Las amplias avenidas y palacios contrastaban fuertemente con las chozas de los pobres.

Algunas ciudades de Asia Occidental tienen una historia que se remonta a las civilizaciones más antiguas. Jericó es probablemente la ciudad habitada más antigua del mundo (desde aproximadamente el año 8000 a. de C.), y se cree que Damasco sería la segunda más antigua.

La ciudad medieval

Las aldeas situadas en un cruce de caminos de dos

dedicarse al comercio. Los habitantes protegen sus

propiedades y privilegios construyendo un muro,

Las ciudades no empiezan a adquirir un caracter

verdaderamente urbano hasta que no se produce

aunque durante mucho tiempo sigue habiendo

huertos y establos dentro de los muros.

rutas comerciales o donde se establece una

autoridad temporal o eclesiastica empiezan a

#### El urbanismo

En Occidente los romanos fueron los primeros que realizaron un urbanismo a gran escala. La mayoría de las ciudades medievales europeas se desarrollaron de manera espontánea, aunque las ciudades de nueva creación se planificaban ya con una red regular de calles. El urbanismo del Renacimiento y del Barroco tenía intenciones estéticas y simbólicas, en honor de Dios o de un príncipe terrenal. Los logros de este urbanismo pueden estudiarse en la Roma papal y en el París de los monarcas absolutos. No se tenían en cuenta las necesidades prácticas, sociales e higiénicas. En el siglo xvIII el viajero podía reconocer el hedor de Hamburgo mucho antes de avistar la ciudad. El crecimiento de la población urbana provocado por la industrialización estuvo acompañado de unas condiciones sanitarias pésimas y de miseria social. A mediados del siglo xix una serie de epidemias de cólera obligó a las autoridades a instalar alcantarillado y traída de aguas y a introducir unas ordenanzas básicas de construcción, al menos en las ciudades de Europa Occidental. Esta legislación representó el nacimiento de las comunidades urbanas de nuestros días, altamente reguladas.

La megalópolis, ¿y después?

Las ciudades del mundo industrial han crecido en exceso, aunque una de las características de nuestro siglo es la tendencia de estas grandes ciudades a unirse en conurbaciones. Entre los ejemplos más representativos están la región de Boston-Washington («Boswash») en Estados Unidos, Randstand en Holanda y el distrito Rhin-Ruhr en Alemania. En el Tercer Mundo son los centros de las ciudades los que están creciendo o, más bien, están siendo asfixiados por la expansión explosiva de los suburbios de la periferia.

Los últimos censos de Estados Unidos indican que el crecimiento urbano se ha estabilizado. ¿Va a cambiar la antiquísima tendencia a la urbanización? Ya ha sucedido con anterioridad en la historia que las grandes ciudades se han convertido en aldeas o han desaparecido, como atestiguan Babilonia, Cartago o Troya.



#### Las ciudades en expansión Las ciudades más grandes

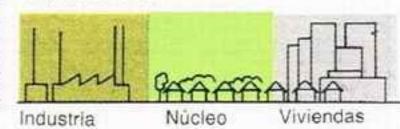
Los centros comerciales e industriales de Europa y América del Norte fueron hasta hace poco las mayores ciudades del mundo. Actualmente, las ciudades en desarrollo del Tercer Mundo tienen mayor población. La falta de consistencia entre los limites administrativos y demográficos y la poca fiabilidad de las estadisticas hacen que sea difícil establecer comparaciones. La siguiente lista de las diez ciudades más grandes del mundo debe considerarse unicamente como aproximativa:

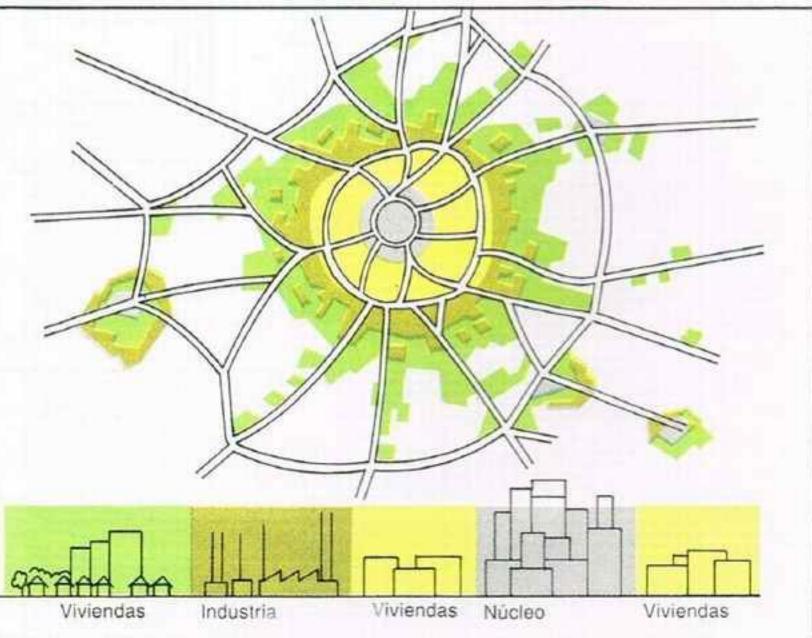
Ciudad de México Tokyo Shanghai Buenos Aires Nueva York Pekin Paris Mosců Seúl São Paulo 14 millones de hab.
11,6 millones de hab.
10,8 millones de hab.
10,3 millones de hab.
9,2 millones de hab.
8,5 millones de hab.
8,4 millones de hab.
8 millones de hab.
7,8 millones de hab.
7,8 millones de hab.

#### Cómo crece una ciudad

El crecimiento de una ciudad crea una red de zonas diferenciadas. El núcleo histórico, dedicado a actividades administrativas y comerciales, está rodeado de una zona de construcciones antiguas de gran densidad. A continuación hay un cinturon industrial, seguido de zonas residenciales más recientes. La presión sobre el centro se ve aliviada por ciudades satélites, que son pequeñas reproducciones de la ciudad, con sus propios centros y zonas industriales. El sistema de rutas radiales de transporte demuestra que su independencia es ilusoria. Este plano se basa en Paris; otras ciudades, sobre todo fuera de Europa, pueden tener una estructura diferente por razones historicas.

Ciudad satélite





### Los tesoros del subsuelo

Una mena es un mineral que contiene una concentración de metal que hace rentable su extracción. La definición de mena es, pues, básicamente económica. Debido a las grandes variaciones en los precios de las materias primas, puede que un mineral cuya extracción no sea rentable hoy lo sea mañana, y viceversa. Pero no sólo tienen importancia económica las menas metálicas; también se explotan numerosos minerales industriales, de la cuarzita y la dolomita para los hornos de las acerías, a la arena y la arcilla para las industrias del cemento y de la construcción.

#### Menas metálicas

Los metales son componentes escasos en la corteza terrestre. Las menas explotables aparecen cuando un magma rico en metales se eleva de estratos más profundos del interior de la Tierra, o cuando los compuestos metálicos del suelo o del fondo de los mares se concentran por procesos naturales.

El proceso de formación de las menas en la corteza continental se conoce desde hace tiempo, aunque durante mucho tiempo no se supo cómo se formaban bajo el mar. A finales de los años 1970 se realizaron notables descubrimientos cuando los submarinos de investigación descendieron a las dorsales centro-oceánicas de la cuenca del Pacífico. Los científicos observaron cómo las fuentes termales arrojaban un agua metalífera negra, que formaba conos de minerales metálicos. La teoría de la tectónica de placas explicaba así la formación de otras menas, mostrando cómo, por qué y dónde se eleva el magma a través de la corteza. Esto tiene lugar principalmente en zonas adyacentes a aquellas en las que la placa de corteza oceánica es empujada hacia abajo por una placa vecina, hasta fundirse con el manto.

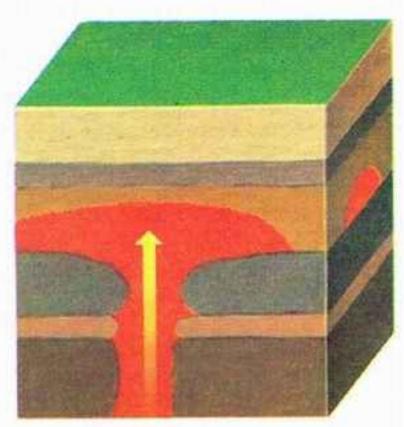
#### La minería a través de los tiempos

La minería es tan antigua como el uso de los metales por el hombre. Se han encontrado numerosas minas de sílex del final de la Edad de Piedra en el noroeste y centro de Europa. La extracción de los metales de las menas requería ciertos conocimientos de metalurgia y la capacidad de generar y regular el calor. La minería no cambió de forma apreciable hasta el final de la Edad Media. Por entonces, las minas del centro de Europa eran tan profundas que se necesitaban bombas y maquinaria de acarreo movidas por energía hidráulica. Durante el siglo xix, la minería se me-

#### Cómo se forman las menas

La mayoria de los metales empleados por el hombre son elementos pesados, aunque no se suelen encontrar en la corteza terrestre, cuyos principales componentes son silice y aluminio. Los metales más pesados, principalmente hierro, se hundieron en el interior de la Tierra cuando el joven planeta empezó a recalentarse desde dentro. desarrollando su actual estructura de núcleo, manto y litosfera, cada uno con diferente composición química. Las menas se forman cuando ascienden por encima del manto terrestre magmas o soluciones metaliferas. Aún se sabe muy poco sobre los procesos que tienen lugar en el manto, aunque si se sabe que pasa cuando los minerales fundidos llegan a la corteza. A la derecha se analizan los procesos más importantes.

Posteriormente, las menas de origen magmático pueden sufrir meteorización, ser arrastradas en forma de granos o pepitas, depositándose mediante sedimentación lejos del lugar de origen. Finalmente, ciertas menas pueden haberse formado por precipitación de soluciones metaliferas en terrenos pantanosos con alto contenido de sulfuro de hidrógeno.



Intrusión

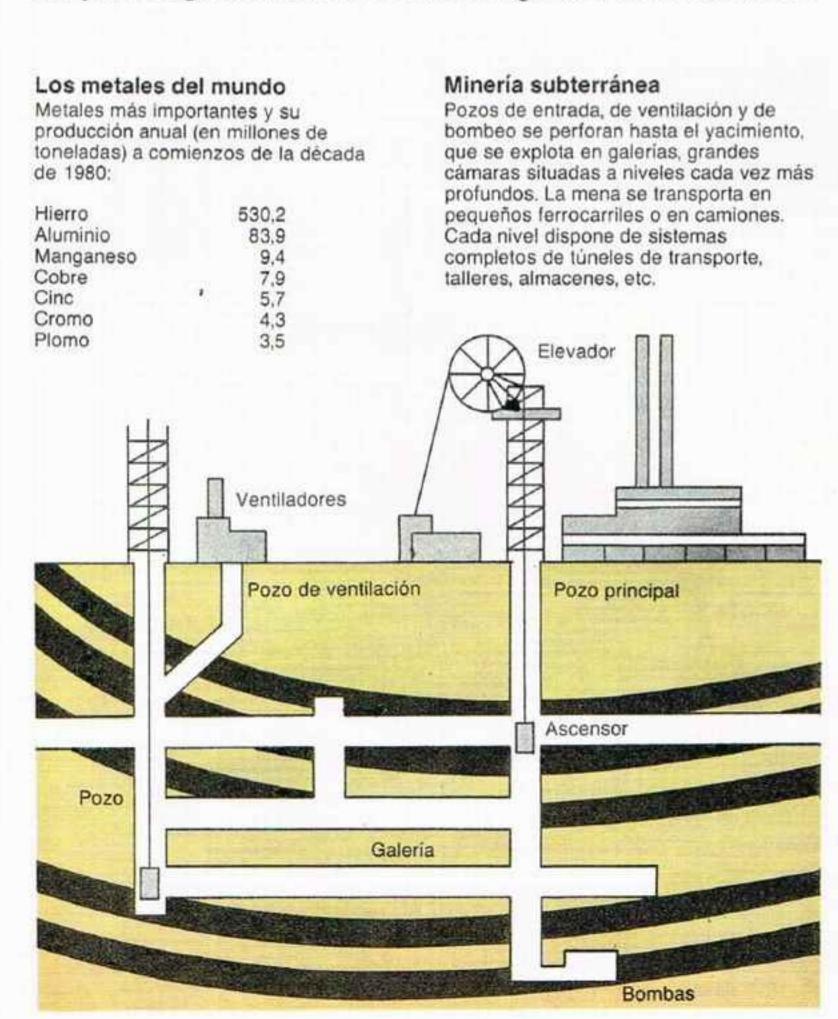
El magma metalifero se eleva de debajo del manto terrestre, formando un yacimiento claramente definido en la corteza terrestre, o en la superficie como lava.

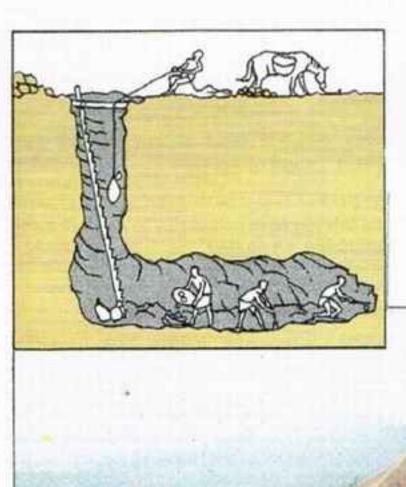
canizó, con innovaciones tales como ascensores y ventiladores movidos por vapor. La mina más profunda del mundo actualmente es una mina de oro de Suráfrica, con una profundidad de 3.859 metros.

Muchas menas se extraen de minas a cielo abierto, otras del subsuelo. Actualmente, la mena se concentra en el lugar de la mina y después es refinada y el mineral concentrado en polvo o en pequeños bloques. Las menas no ferrosas, especialmente las menas de azufre contienen diversos metales que hay que separar por procesos químicos y físicos.

#### La metalurgia

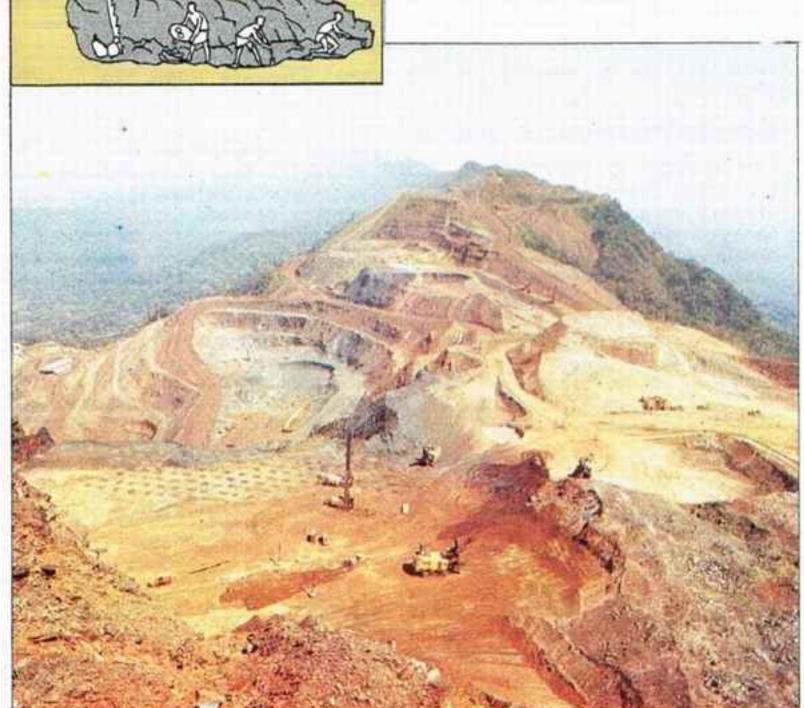
Hasta el siglo xvIII casi todos los procesos metalúrgicos empleaban carbón vegetal, que actuaba como fuente de calor y como agente reductor de los óxidos de la mena. Posteriormente, la industria siderúrgica empleó procesos de coque. La moderna side-

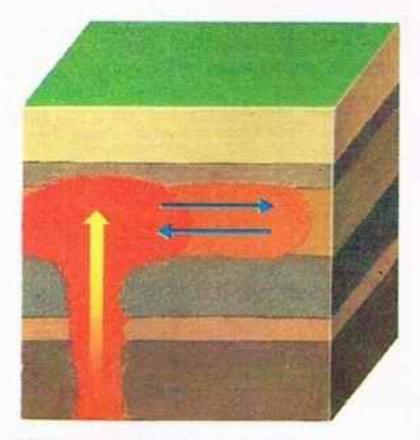




#### La minería, ayer y hoy

Las minas de silex de la Edad de Hierro, las de cobre de la Edad de Bronce y las de hierro de la Edad Media eran muy parecidas (izquierda). La mina moderna es una industria mecanizada a gran escala. Abajo: mineria de hierro a cielo abierto en Liberia. Muchas zonas mineras importantes están ubicadas lejos de los centros industriales tradicionales.



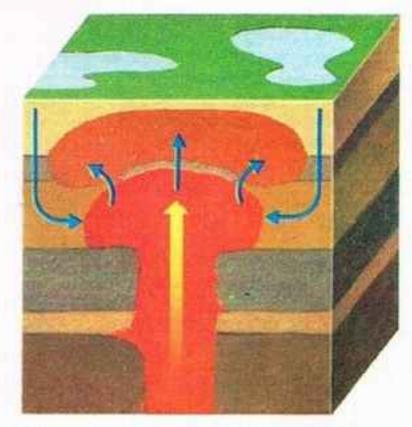


Metamorfosis de contacto

El magma calienta y transforma la roca con la que entra en contacto. Se produce un intercambio de átomos, de manera que los átomos de metal del magma pasan a la roca transformada (metamórfica).

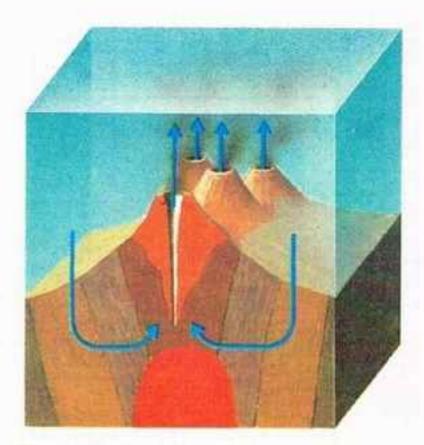
Carbon

Dolomita



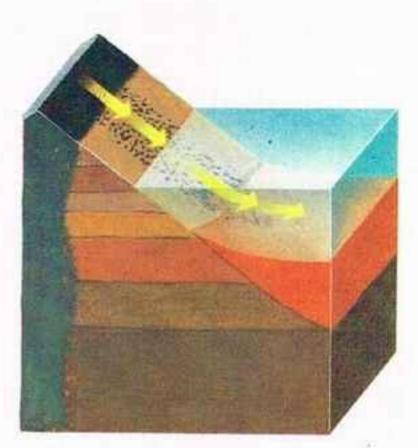
Minerales transportados por el agua

El agua de superficie, al infiltrarse por una intrusión de magma, puede disolver ciertos complejos iónicos, que se precipitan posteriormente en las rocas adyacentes.



#### Manantiales minerales bajo el mar

El agua de mar puede penetrar por las dorsales centro-oceánicas hasta tropezar con el magma ascendente. Cuando ese agua, ahora caliente y cargada de minerales, se enfria repentinamente al contacto con el agua de mar, se precipitan en el fondo minerales de cobre, niquel y manganeso.



#### Sedimentación

Los productos de descomposición de un yacimiento que ha llegado a la superficie pueden producir sedimentos metaliferos. Un ejemplo de este proceso son las arenas y pepitas de ofo de los lechos de valles y deltas fluviales.

rurgia emplea principalmente la electricidad como fuente de calor y oxígeno como agente reductor del contenido de carbón. Los procesos de separación electroquímicos son cada vez más frecuentes porque conservan más la energía, y no hace falta calentar el metal varias veces como antes.

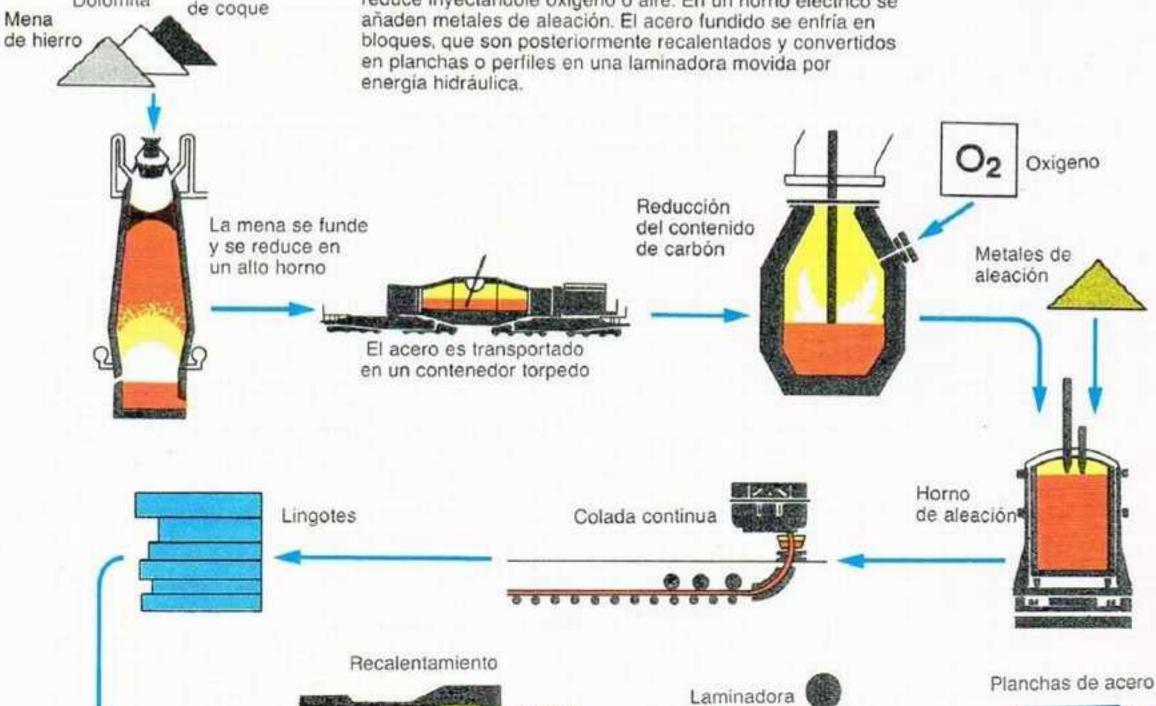
La metalurgia ha desarrollado nuevos productos como los aceros especiales y diversos metales ligeros. Además, los metales tienen ahora la competencia de los nuevos materiales sintéticos. A pesar de ello y a pesar de la inmensa capacidad de reciclaje de la industria chatarrera, nuestra civilización sigue dependiendo de la producción de mena. Un coche de tamaño medio tiene 800 kg de acero y 130 kg de metales no ferrosos. Sin embargo, los tesoros del subsuelo no son inagotables y si el nivel de propiedad de automóviles del mundo fuera tan elevado como el de Europa Occidental o Estados Unidos, la industria automovilística agotaría por sí sola todas las reservas conocidas de mena de hierro.



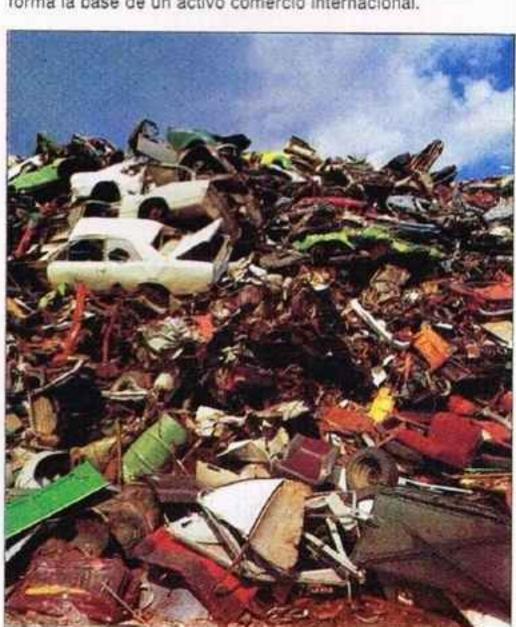
El sangrado, trasvase del acero fundido a recipientes de transporte o moldes, constituye una fase critica del proceso de fabricación.

### Desde los altos hornos a los depósitos de chatarra

En una aceria moderna muchas de las fases de fabricación están integradas en un proceso semicontinuo. El horno se carga con mena, caliza y coque que reducen los óxidos de la mena. El contenido de carbón del hierro fundido se reduce inyectándole oxígeno o aire. En un horno eléctrico se añaden metales de aleación. El acero fundido se enfría en bloques, que son posteriormente recalentados y convertidos en planchas o perfiles en una laminadora movida por energía hidráulica.



El depósito de chatarra es la etapa final de un coche, aunque no del acero que contiene. La chatarra constituye una de las materias primas más importantes del mundo industrial y forma la base de un activo comercio internacional.



# La Tierra esquilmada



#### Perdidos para siempre

Ninguna especie vive eternamente. Pero gran número de especies vegetales y animales han sido exterminadas prematuramente con la ayuda del hombre.

La migración del hombre a América a través del Estrecho de Bering (flecha en el mapa, izquierda) tuvo probablemente consecuencias desastrosas para la fauna de ese continente.

#### El hombre, culpable

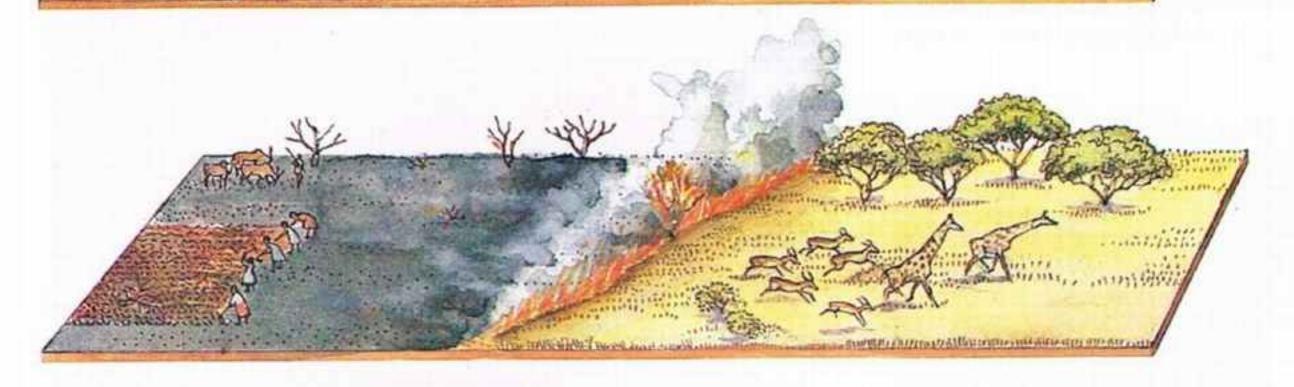
El dodó era un ave no voladora del tamaño de un pavo que vivia en la isla Mauricio en el Océano Índico. Cuando llegaron los marinos europeos empezaron a matar los dodós como comida, y los que lograban escapar caían victimas de los perros y de los cerdos salvajes. El último especimen murió sobre el año 1680 y lo único que queda del dodó hoy dia es una cabeza disecada en Copenhague y un pie en Londres.



#### Medios amenazados

#### La deforestación

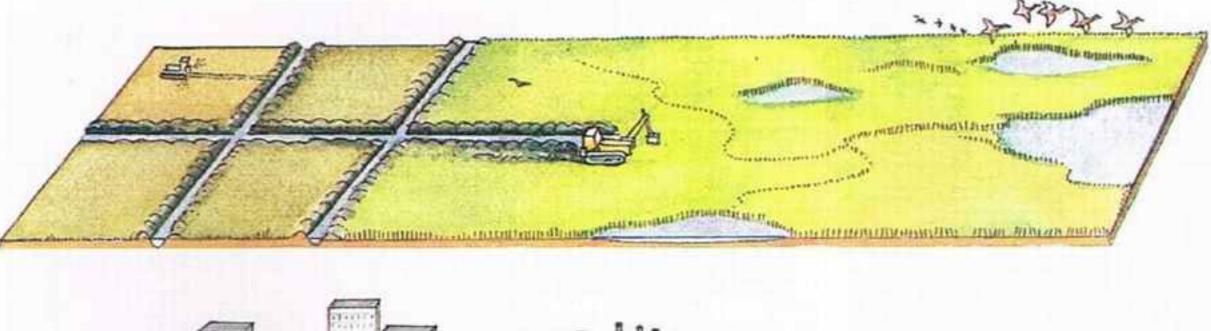
La mayor amenaza para la flora y la faúna del mundo es la destrucción de los medios. Ninguna especie puede sobrevivir fuera del medio al que se ha adaptado. Uno de los hábitats con más especies del mundo es el bosque tropical, que se esta destruyendo a un ritmo cada vez mayor. En realidad, todos los bosques naturales del mundo están amenazados. En el mejor de los casos, se sustituyen por monocultivos forestales comerciales, en el peor por un terreno pobre de matorral, destrozado por la erosión.



#### El cultivo de las llanuras herbáceas

Las llanuras de América del Norte han desaparecido prácticamente. El aumento de la población africana está eliminando las sabanas con sus riqueza de vida animal, para dejar paso a una agricultura cuya viabilidad es dudosa. Los métodos de cultivo tradicionales son precarios y peligrosos en las zonas secas.

Los intentos de cultivar las estepas de Asia central han llevado a fracasos desastrosos.

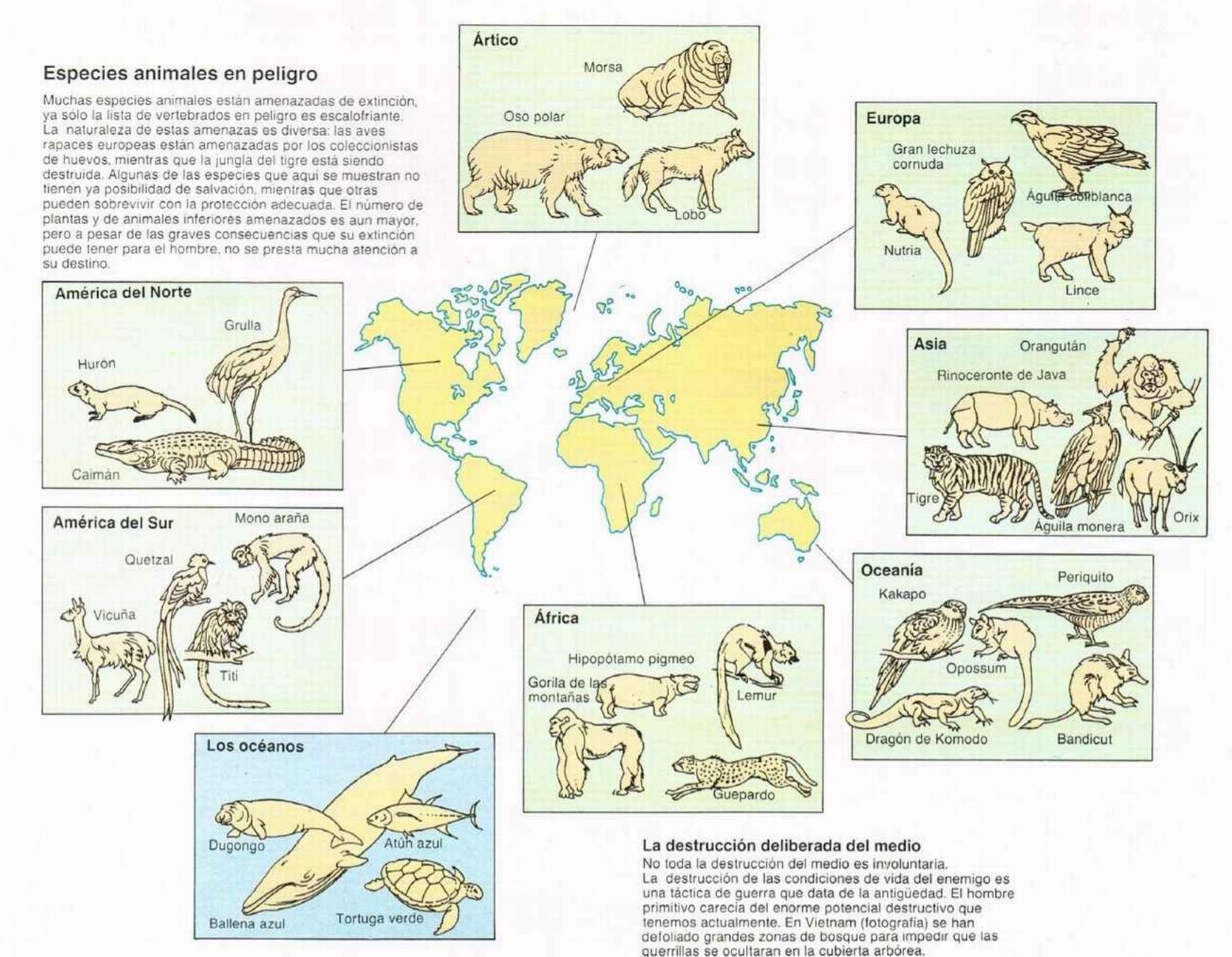


#### El drenaje de las zonas húmedas

Las zonas húmedas son importantes como medios de vida, además de desempeñar un papel importante en el ciclo hidrológico, nivelando el ritmo de los rios y enriqueciendo las reservas de aguas subterráneas. Pero muchas zonas húmedas o bien se drenan o se rellenan para la construcción de industrias o viviendas. Los intentos de convertir las zonas húmedas en tierras cultivables suelen dar un rendimiento muy bajo por la pobreza de su suelo.

#### Los campos asfaltados

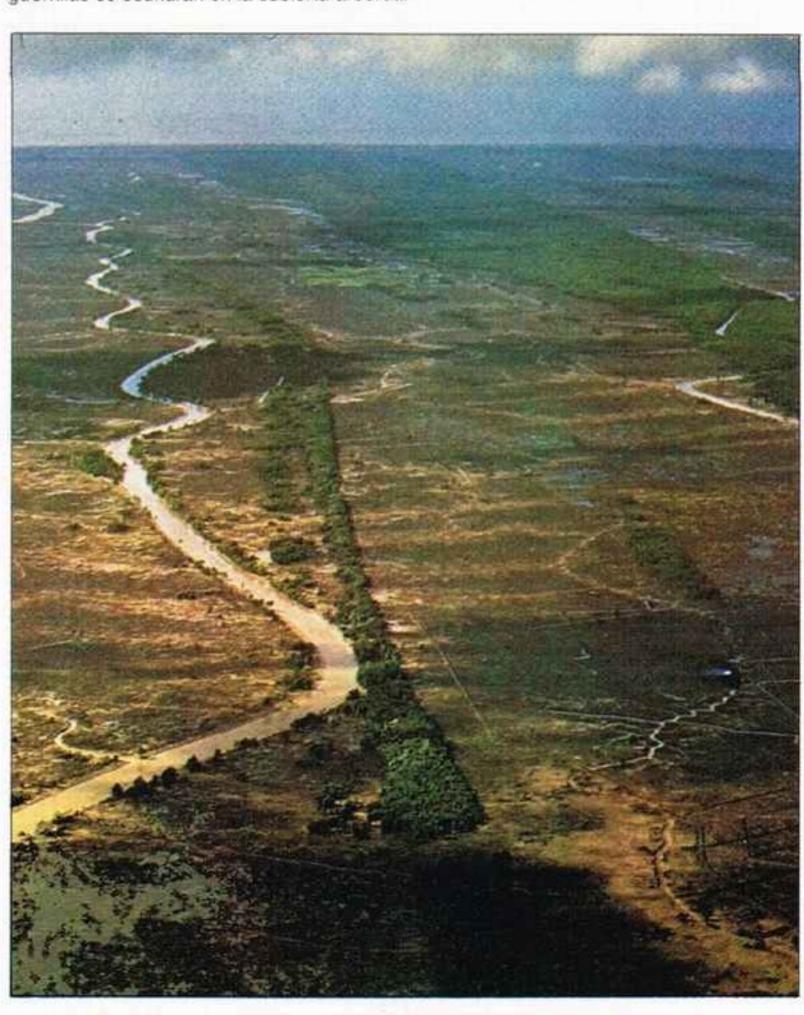
Las ciudades suelen desarrollarse en buenas zonas agricolas y la urbanización ha supuesto en muchos casos el sacrificio de tierras productivas para la construcción de viviendas, calles y aparcamientos. De esta forma, la tierra cultivable se transforma en un desierto biológicamente improductivo. Será imposible, económica y fisicamente, recuperar tales tierras para cultivos.



A través de la evolución, todas las especies animales y vegetales se han adaptado à un hábitat determinado, su medio. Este medio lo conforman el clima y el suelo, pero sobre todo las otras especies que lo habitan. Hace unos 300 años, una especie de árbol de la isla Mauricio dejó subitamente de reproducirse y hoy sólo quedan algunos especímenes. Las investigaciones revelaron que las semillas del fruto del árbol sólo crecen después de haber pasado por el sistema digestivo del dodó, ave que se extinguió hacia finales del siglo xvII. La exterminación indirecta, a través de la destrucción del hábitat tiene consecuencias más desastrosas que un ataque directo con rifle y hacha.

El hombre considera que ha «conquistado» la naturaleza y que se ha independizado de ella, pero no es así. El hombre es una criatura biológica con necesidades biológicas. Sin la naturaleza es imposible la civilización. Así pues, dependemos de los otros animales y plantas de nuestro hábitat, desde ballenas y tigres a bacterias microscópicas. Ninguna especie puede destruir su medio de vida sin perecer.

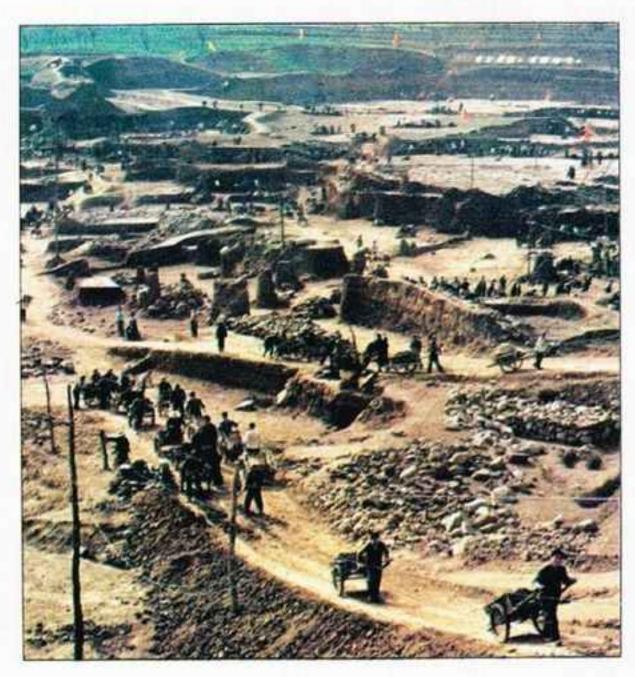
Debido a ello, el hombre debe salvaguardar su propio medio, protegiendo las especies amenazadas de extinción y los hábitats vulnerables, en parte mediante la creación de reservas naturales, pero, sobre todo, aprendiendo a utilizar el mundo con prudencia y consideración. En última instancia, sin embargo, ambas cosas son insuficientes e imposibles; las leyes del cambio y de la evolución prescriben que ninguna especie puede vivir eternamente y que ningún medio puede mantenerse eternamente estable. El hombre tiene que aceptar la responsabilidad no sólo de preservar, sino también de crear medios habitables para sí y para las otras especies con las que ha de compartirlos. El destructor debe convertirse en creador. Sólo entonces podrá la Tierra ser permanentemente habitable para la humanidad y para la especie hacia la que finalmente ésta evolucionará.



### El hombre y la corteza terrestre

#### El hombre, excavador

Desde el final de la Edad de Piedra el hombre ha modificado la superficie de la Tierra, empleando herramientas sencillas como palas, azadones, cestas, carretas y carretillas. Estos métodos laboriosos, aunque baratos, siguen siendo útiles en los países en desarrollo, donde se puede movilizar a gran número de personas para llevar a cabo grandes realizaciones. Estos métodos fueron importantes en los ingentes proyectos de regulación de las aguas en China, en las décadas de 1950 y 1960 (derecha). Los países industrializados empleen menos gente y máquinas mayores (izquierda).

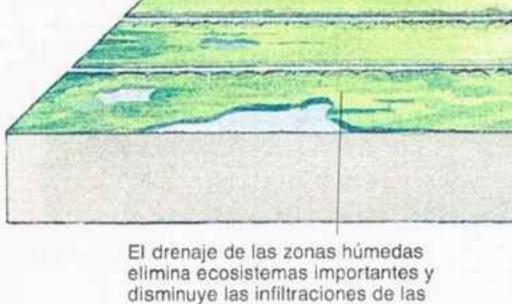


El bosque sufre una tala excesiva para obtener madera o combustible, para abrir tierras para la agricultura comercial o, en muchos paises, para la agricultura primitiva de subsistencia.

Cuando se talan los árboles protectores, la capa de humus se destruye fácilmente y el agua corriente erosiona el suelo.

#### El hombre, fuerza geológica

A largo plazo la acción del hombre sobre la Tierra puede tener consecuencias desafortunadas (derecha). La destrucción suele ser indirecta, cuando se inicia la erosión al eliminar la cubierta protectora de vegetación. El drenaje, los proyectos de regadio, la mineria a cielo abierto son otros ejemplos de las modificaciones realizadas por el hombre en el suelo. La destrucción de la Tierra es a veces resultado de una empresa deliberada para la obtención de beneficios económicos inmediatos, aunque generalmente se debe a la lucha diaria de los pobres por su supervivencia, motivados por la necesidad más que por los beneficios.



aguas situadas por debajo de la

superficie.

La mineria a cielo abierto deja cicatrices permanentes. El nivel freático desciende y las montañas de residuos pueden liberar los metales pesados.

El hombre, para bien o para mal, crea su propio paisaje. Se puede apreciar claramente en las regiones agrícolas de Europa Occidental, en China y en el sureste asiático, aunque hasta en los países menos poblados el paisaje es escasamente «natural». Los mapas que muestran la «vegetación natural» suelen mostrar cómo serían las cosas sin la intervención del hombre.

El hombre no sólo actúa sobre la vegetación, sino que también altera la corteza terrestre. Herramientas sencillas como palas y carretillas bastan para producir grandes cambios en el rostro de la Tierra. Los métodos utilizados para la construcción de las Pirámides y de la Gran Muralla china se siguen empleando hoy. Naturalmente, las posibilidades de transformar el paisaje son mayores en los países industriales, donde se emplean máquinas para remover el suelo, camiones pesados y explosivos. Cuando el hombre actúa como fuerza geológica, suele ser de forma indirecta, modificando o eliminando la vegetación. Los resultados pueden ser destructivos (erosión del suelo, desertización o inundaciones), aunque también crea medios estables y muy productivos. En el sureste asiático, por ejemplo, hay campos en terraza que, según los arqueólogos, llevan utilizándose continuamente desde hace cinco o seis mil años. Por otro lado, en las praderas norteamericanas, unos años de cultivo despiadado en clima seco provocaron los desastres del «dustbowl» en los años 30, cuando el viento arrancó todo el suelo. Amplias zonas fértiles en torno al Eúfrates, al Tigris y al Indo, que en otras épocas alimentaron a las primeras civilizaciones, son hoy yermas o están inundadas y excesivamente salinizadas por métodos de cultivo poco prudentes.

La acción sobre la vegetación produce también cambios en el ciclo hidrológico que, a su vez, puede causar cambios en el paisaje. Una alta proporción de limo en el agua de un río puede atascar los embalses y los canales de regadío e incluso hacer cambiar el curso del río. La deforestación en el curso superior del río puede traer como consecuencia un exceso de limo, que se puede combatir mediante la repoblación y otras medidas contra la erosión. En ocasiones un alto contenido de limo puede ser beneficioso. El limo del Nilo fertilizaba los campos de Egipto todos los años, hasta que la Gran Presa de Assuán puso fin a esta inundación anual. La presa ha aumentado la necesidad de fertilizantes artificiales importados y caros, ha destruido la pesca en el delta y ha puesto al delta mismo, la región más fértil de Egipto, en peligro de ser totalmente arrasada por el mar. El hombre tiene una gran capacidad para cambiar el rostro de la Tierra, aunque su disposición para reconocer las consecuencias de sus acciones es mucho menor.

### Desviar el curso de los ríos



Hace seis millones de años, el Mar Caspio era una cuenca profunda de un mar interior que se extendia desde los Cárpatos al Mar de Aral. Hoy corre el peligro de secarse debido al alto nivel de evaporación y a las insuficientes aportaciones de los rios. Grandes zonas (en azul oscuro en el mapa, izquierda) se encuentran bajo el nivel del mar. Parte de las aguas del Don se canalizan hacia el Volga (flecha roja corta), y hay planes para llevar agua del Mar de Azov al Caspio (flecha larga). Esto permitiria estabilizar el agua en este último al nivel actual.

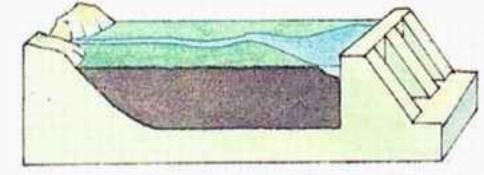
### La cap

Presas encenagadas

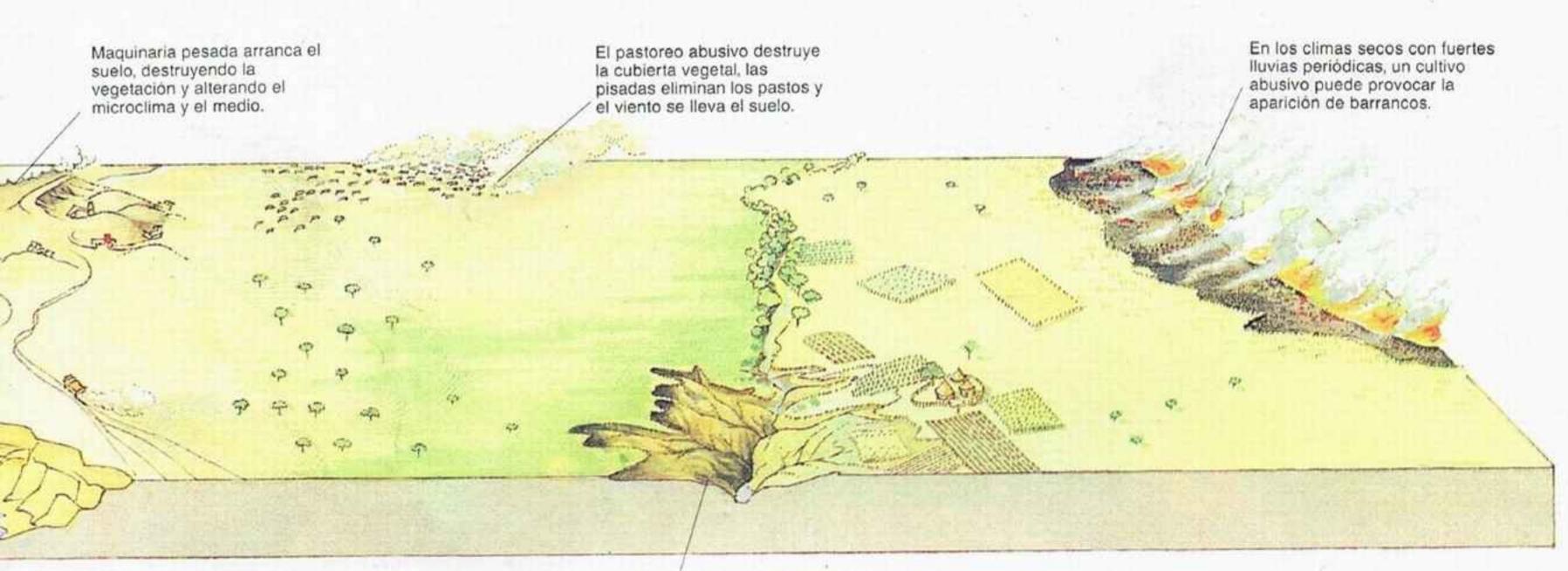
La capacidad de transporte de limo de los rios depende del pivel de agua. Si se construye

nivel de agua. Si se construye una presa en un río, disminuye la velocidad de la corriente. Las partículas de limo no pueden mantenerse suspendidas en el





Finalmente, el embalse se encenaga completamente a excepción de un pequeño canal en el centro. Este proceso es una amenaza,a largo plazo para los rios regulados ricos en limo, como el Nilo y el Hoang Ho (Amarillo).



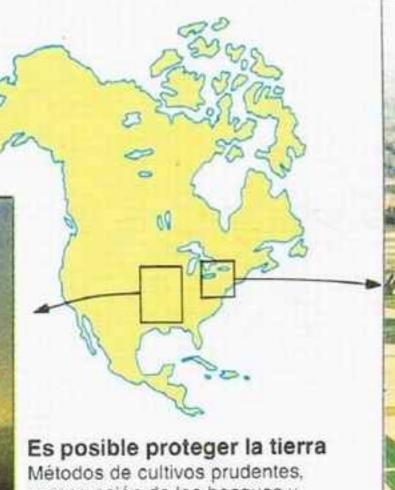
#### Las tormentas de polvo

surgen cuando los fuertes vientos agitan las finas partículas del suelo y las arrastran. Esto sólo puede suceder cuando el suelo no tiene vegetación para frenar el viento, por lo que las tormentas de polvo son frecuentes en las regiones desérticas. A consecuencia de la agricultura extensiva, en la década de 1930, las tormentas convirtieron las tierras de labor de la pradera norteamericana en cuencas de polvo improductivas. Las medidas para restaurar la vegetación del suelo han permitido ahora superar el problema de la erosión del viento, aunque se siguen produciendo tormentas de polvo locales (abajo).

En los climas secos las rozas por fuego y la plantación de cultivos pueden provocar la destrucción del suelo por la erosión.

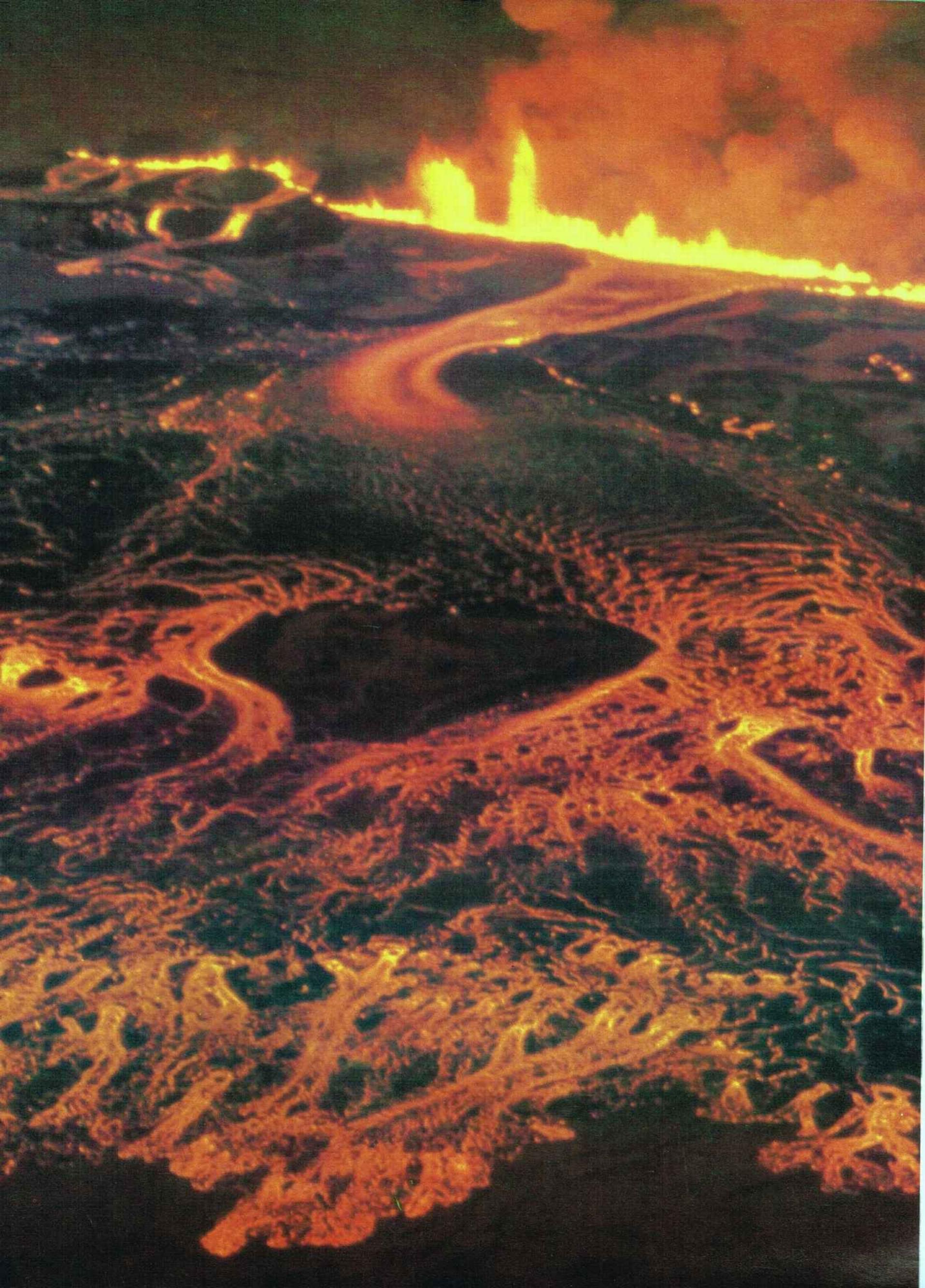
#### El paisaje del hombre

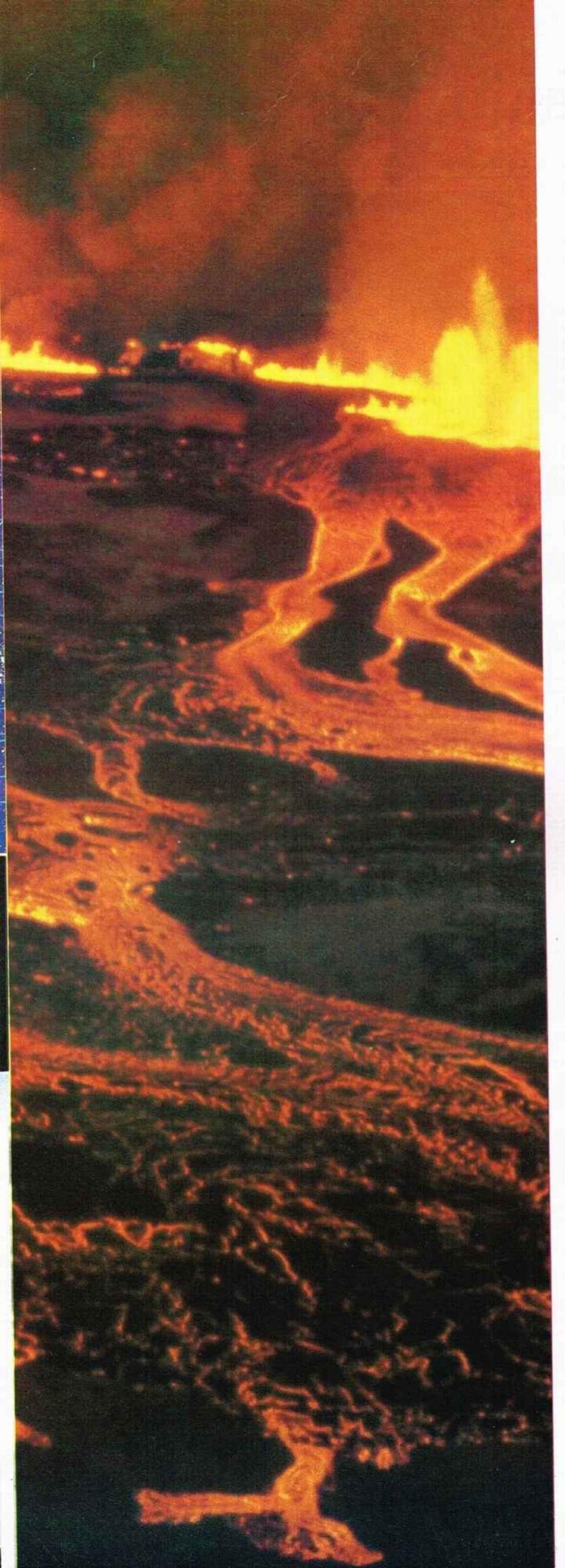
Un paisaje como el de abajo (noroeste de Estados Unidos) es producto de nuestra civilización. No existe vegetación natural alguna. Una agricultura prudente adaptada al suelo y al clima puede hacer que este medio sea estable y productivo durante siglos.

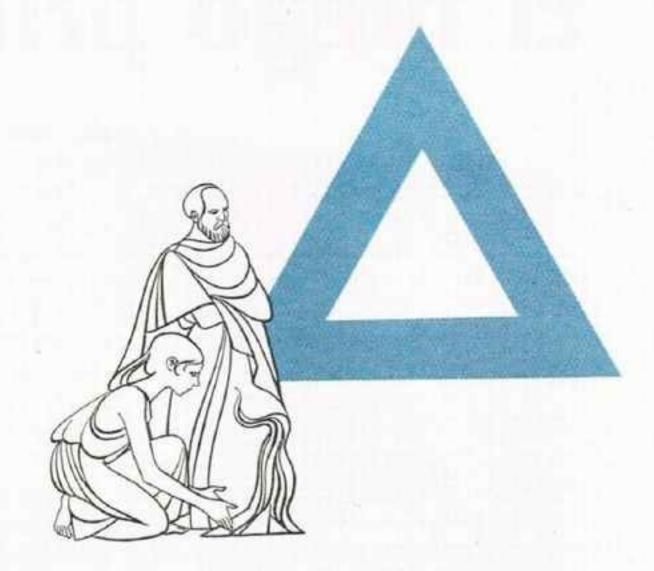


Métodos de cultivos prudentes, preservación de los bosques y nuevas plantaciones protectoras pueden resguardar de la erosión del viento. El laboreo siguiendo las curvas de nivel, con los surcos paralelos a las curvas de nivel del terreno, impide que las aguas se lleven el suelo. Estos métodos se han aplicado a las tierras de cultivo (derecha).









# El fuego

Sentados alrededor de la hoguera nuestros primitivos antepasados contemplaban las tinieblas. En ocasiones percibían el resplandor de unos ojos. La oscuridad que se extendía fuera del círculo de su hoguera era el reino del terror, la guarida de animales predadores y de espíritus y monstruos imaginarios.

Según la mitología griega el despertar cultural se produjo cuando Prometeo les robó el fuego a los dioses para dárselo al hombre. Cuando la filosofía sustituyó al mito, el fuego tuvo un nuevo defensor en Heráclito, pensador que vivió en torno al año 500 a. de C., en la ciudad griega de Éfeso, en Asia Menor.

Heráclito era un filósofo dialéctico. Consideraba el mundo no como un objeto o un estado, sino como un proceso continuo, un flujo. Afirmaba que todo fluye, que no podemos adentrarnos dos veces en el mismo río porque el agua no es nunca la misma. En el fuego, que todo lo consume y que está en cambio continuo, veía el elemento primario. Hoy se sabe que el fuego no es un elemento, sino una transformación, un proceso.

Hasta el siglo xvIII los químicos consideraron el calor como una sustancia física denominada flogisto. Los cuerpos calientes contenían más flogisto que los fríos. Se creía que, en la combustión, el flogisto se separaba del material combustible.

Con el descubrimiento del oxígeno por el químico inglés Priestley y el sueco Scheele, quedó claro que la combustión era un proceso de oxidación, y la teoría del flogisto se consideró insostenible. Fue definitivamente rechazada por el estudio de la termodinámica, ciencia inspirada por el motor de vapor y que describe las conversiones de energía, como la conversión del calor en movimiento. Hoy día, la palabra calor define una forma de radiación electromagnética, así como los movimientos moleculares.

Heráclito se ha visto reivindicado hasta cierto punto por la cosmología moderna. Los científicos se inclinan actualmente a creer que el universo nació en la bola de fuego de la gran explosión («big bang»). Toda la energía que nos rodea, desde el calor del Sol, hasta las radiaciones cósmicas que apenas superan el cero absoluto, es en definitiva un resto de la «gran explosión»: el fuego primario. Puede que en cierto momento en el lejano futuro el fuego desaparezca y las tinieblas se apoderen del cosmos.

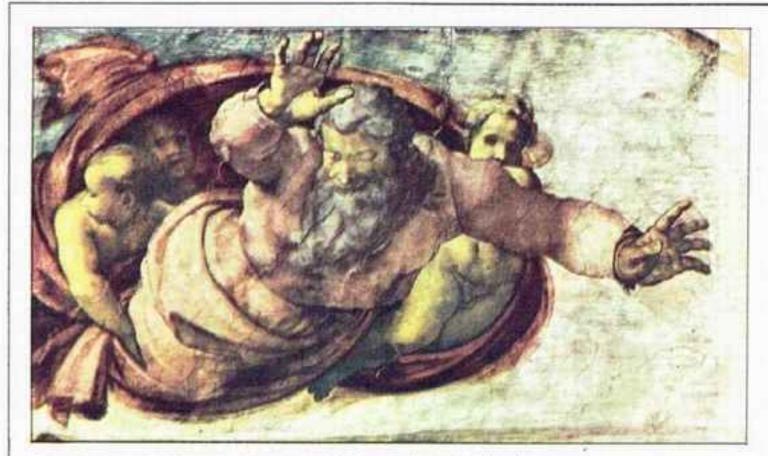
# El fuego primigenio

Por mucho que observemos las estrellas no podremos percibir cambio alguno de una noche a otra. La idea de que el universo está en un estado de equilibrio, sin comienzo ni fin, parece bastante natural. Sin embargo, toda civilización ha tenido su leyenda propia sobre la creación. El relato bíblico se encuentra en el Libro del Génesis: «Y Dios dijo: Hágase la Luz, y la Luz se hizo.»

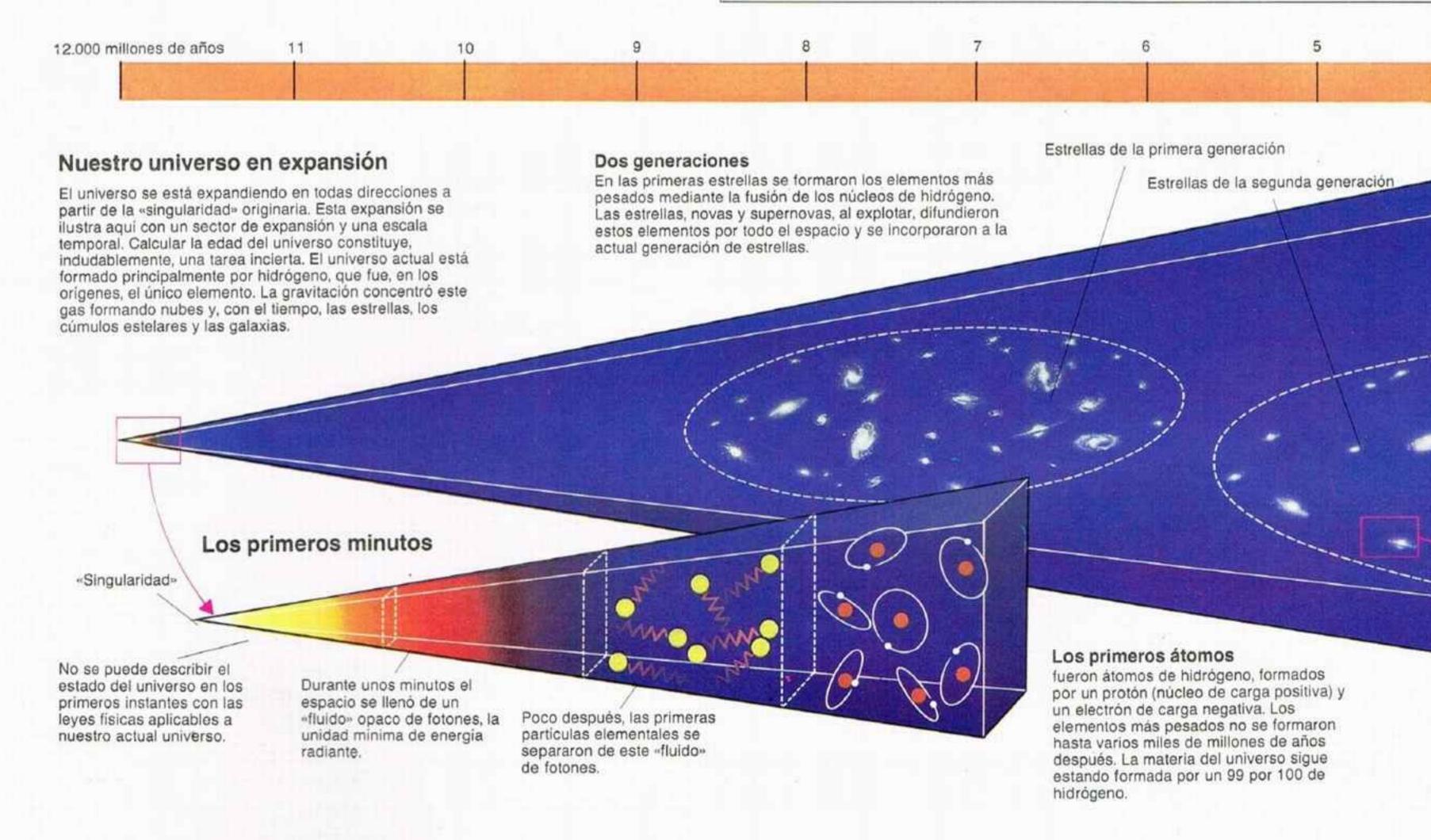
La idea del estado de equilibrio se vio reforzada por las ciencias naturales y, a pesar de las creencias bíblicas, ha sido la teoría cosmológica predominante hasta bien entrado nuestro siglo. En la década de 1920 el astrónomo norteamericano Hubble descubrió que cuanto más alejadas están las galaxias, la luz que nos llega de ellas se inclina más hacia el extremo del rojo en las bandas del espectro visible. Tras arduos debates los científicos aceptaron la explicación más sencilla: esta inclinación se debe al efecto Doppler y las galaxias se alejan de nosotros a una velocidad sorprendente.

Finalmente, en la década de 1960, quedó claro que el universo está en continua expansión. A partir de entonces los cosmólogos pudieron determinar la edad del universo sobre la base de

#### La creación



En el relato de la creación de la Biblia (arriba, detalle de una pintura de Miguel Ángel), Dios separó la luz de las tinieblas, creando así el universo visible.



su actual ritmo de expansión. Se llegó a la conclusión de que el universo se originó probablemente en un punto único sin dimensión, una «singularidad» sin dimensiones espaciales o temporales y que contenía toda la masa del cosmos. El universo y el espacio explotaron en este punto hace al menos entre 12.000 y 15.000 millones de años. A esta creación se le denominó la «gran explosión».

Al expandirse, el universo se fue enfriando. Unos minutos después de la explosión la temperatura había descendido a alrededor de los mil millones de grados y se formaron las primeras partículas elementales. Dos o tres mil millones de años después aparecieron las primeras estrellas entre las nubes de hidrógeno. En esta primera generación de estrellas, las reacciones nucleares fundieron los núcleos de hidrógeno, convirtiéndolos en los elementos más pesados, del helio al carbono y al uranio, que posteriormente pasaron a formar parte de las estrellas y planetas actuales, y de nuestros mismos cuerpos.

¿Cuál será, pues, el futuro? Hay dos posibilidades. Una es que la expansión continúe eternamente, el universo esté cada vez más esparcido y más frío, y las estrellas se apaguen y mueran, hasta que finalmente la materia se desintegre y no queden más que las radiaciones cósmicas, ondas sonoras frías una fracción por encima del cero absoluto. La otra alternativa es más espectacular: se detiene la expansión y se pasa a la contracción. Finalmente, el universo regresa a una «singularidad», una implosión a la que los cosmólogos irreverentes denominan la «gran contracción» («big crunch»).

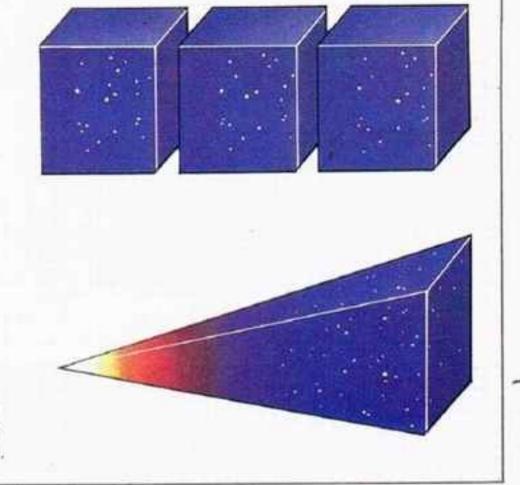
Las probabilidades de estas dos alternativas dependen de la masa total del universo, valor que los físicos no pueden calcular. Si está por debajo de cierto valor crítico, la expansión continuará. Si es mayor, entonces nos dirigimos hacia la gran contracción. ¿Tiene masa el neutrino, la partícula elemental más común? ¿Existen grandes cantidades de materia invisible, sin radiación, en el cosmos? Si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es afirmativa, la fuerza gravitacional total es suficiente para detener la expansión y el universo volverá al punto de partida y desaparecerá para siempre o renacerá en otro «big bang».

#### ¿Estado de equilibrio...

Durante siglos los científicos creyeron que el universo sólo había cambiado en pequeños aspectos. Sin embargo, tal teoría perdió validez al descubrirse que el espacio mismo se expandia.

... o una gran explosión?

Los cosmólogos, los científicos que estudian la estructura y desarrollo del universo, creen actualmente que en el espacio comparativamente corto de entre 12.000 y 15.000 millones de años, el universo se ha expandido a partir de un punto único. A la explosión inicial que dio comienzo a la expansión se le denomina la «gran explosión».



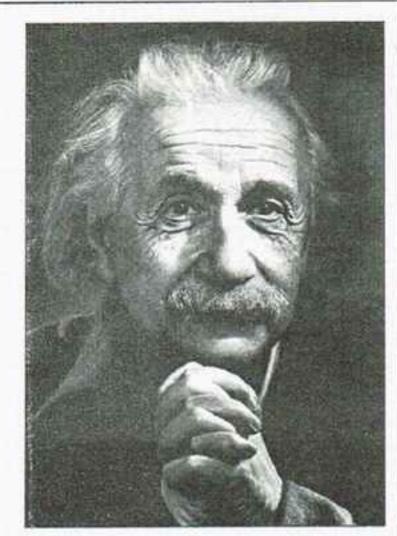
#### La curvatura del espacio

#### De Euclides a Newton

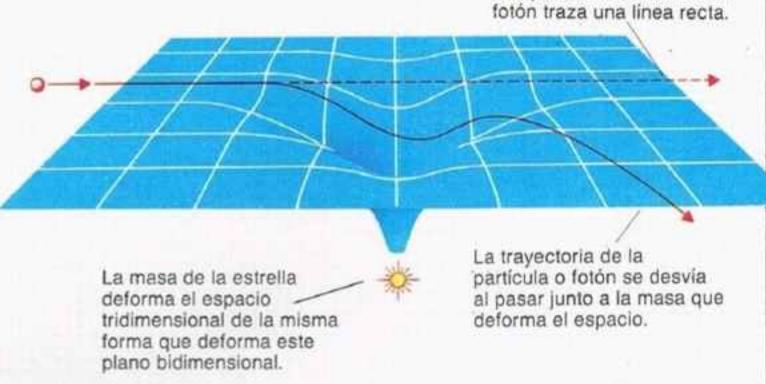
La geometria espacial se concebia como rectilínea, de ángulos rectos y básicamente uniforme en todos sus puntos. En el universo descrito por Einstein (derecha) el espacio está deformado o inclinado por las masas que tiene en su interior (abajo).

#### Espacio y masa

Es casi imposible visualizar la curvatura del espacio tridimensional. Aquí se muestra como un plano bidimensional deformado por la masa de una estrella. La curvatura del espacio la conforman no sólo masas y particulas, sino también rayos de luz. De hecho, fue la inclinación de los rayos de luz adyacentes a una estrella lo que confirmó la teoría de Einstein, cuando este fenómeno se observó por primera vez en la década de 1920.

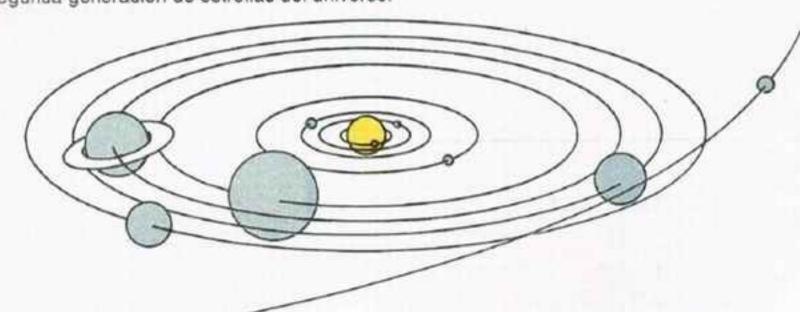


En un plano no deformado una partícula de masa o un fotón traza una línea recta



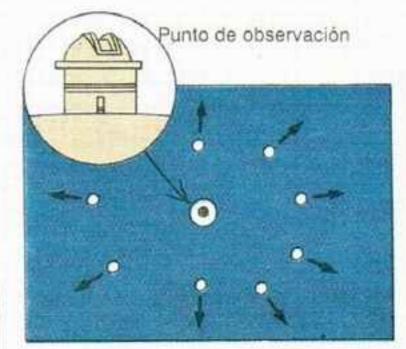
#### Nuestro sol

y su sistema planetario se formaron hace 4.500 a 5.000 millones de años. El Sol pertenece, pues, a la segunda generación de estrellas del universo.



#### El desplazamiento hacia el rojo

El desplazamiento hacia el rojo (causado por el efecto Doppler, derecha) demuestra que las galaxias lejanas se siguen alejando de nosotros. Esto no supone que la Tierra o nuestra galaxia sean el centro del universo, como puede verse mediante un experimento sencillo. Pegue unos trozos de cinta adhesiva a un globo deshinchado y luego inflelo (abajo, derecha). Se puede ver que todos los trozos se alejan unos de otros, es decir, en todos los casos aumenta la distancia de un trozo con respecto a los demás.

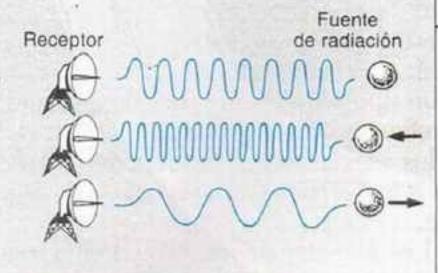




#### El efecto Doppler

Las ondas de luz o de radio tienen una longitud determinada (arriba). Si la fuente de radiación se mueve hacia nosotros, percibimos una onda corta (centro). Si la fuente se aleja de nosotros aumenta la longitud y disminuye la frecuencia, y la luz se desplaza hacia del rojo (abajo). Los radares de control de velocidad del tráfico se basan en el efecto Doppler.

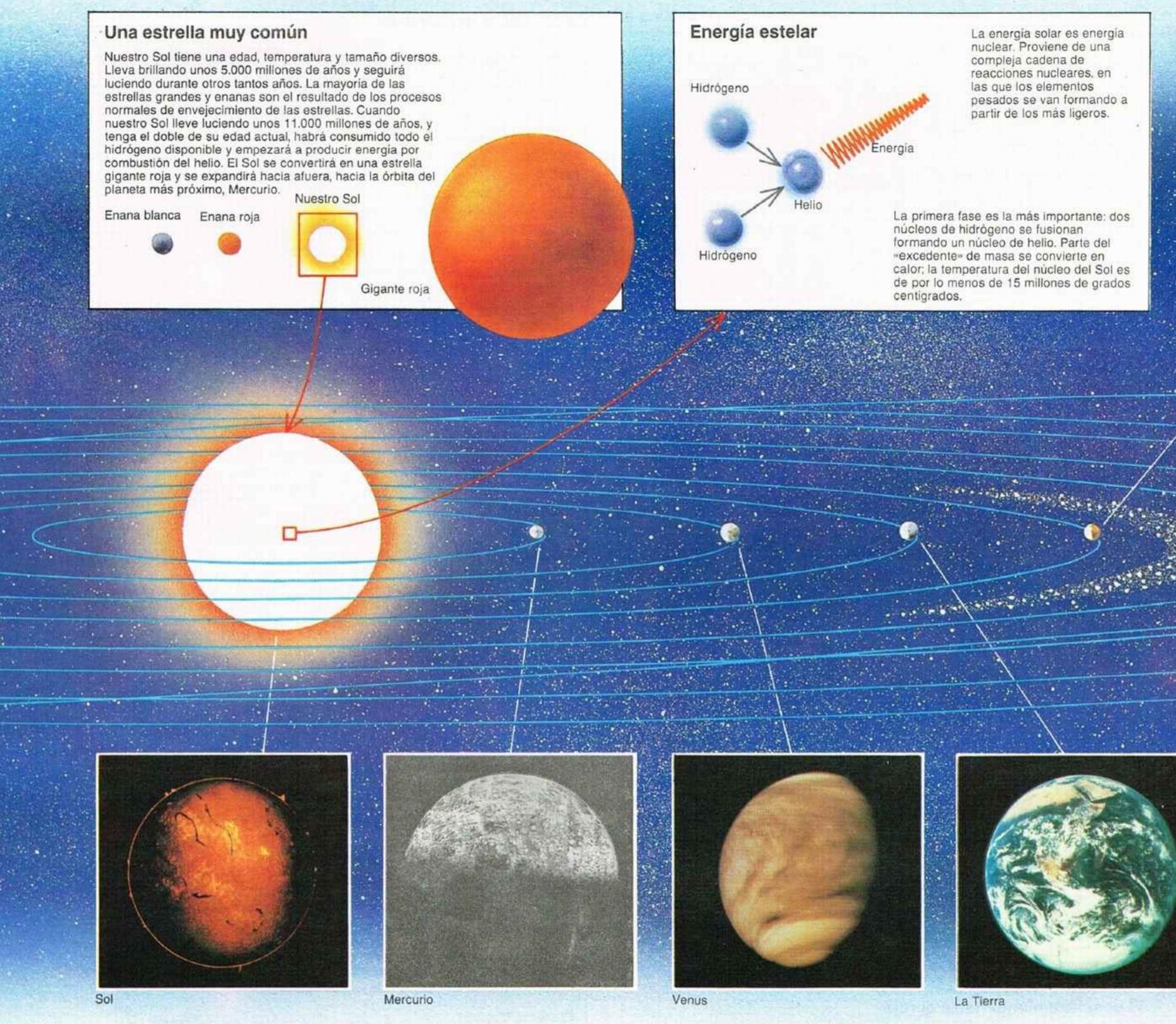
Dos puntos de observación



#### Simetría cósmica

Puesto que el universo se expande de manera uniforme, no importa en qué punto del cosmos instale sus instrumentos el astrónomo. Desde cualquiera de los dos puntos de observación del diagrama (izquierda) puede ver cómo se alejan los otros (flechas).

### El sistema solar



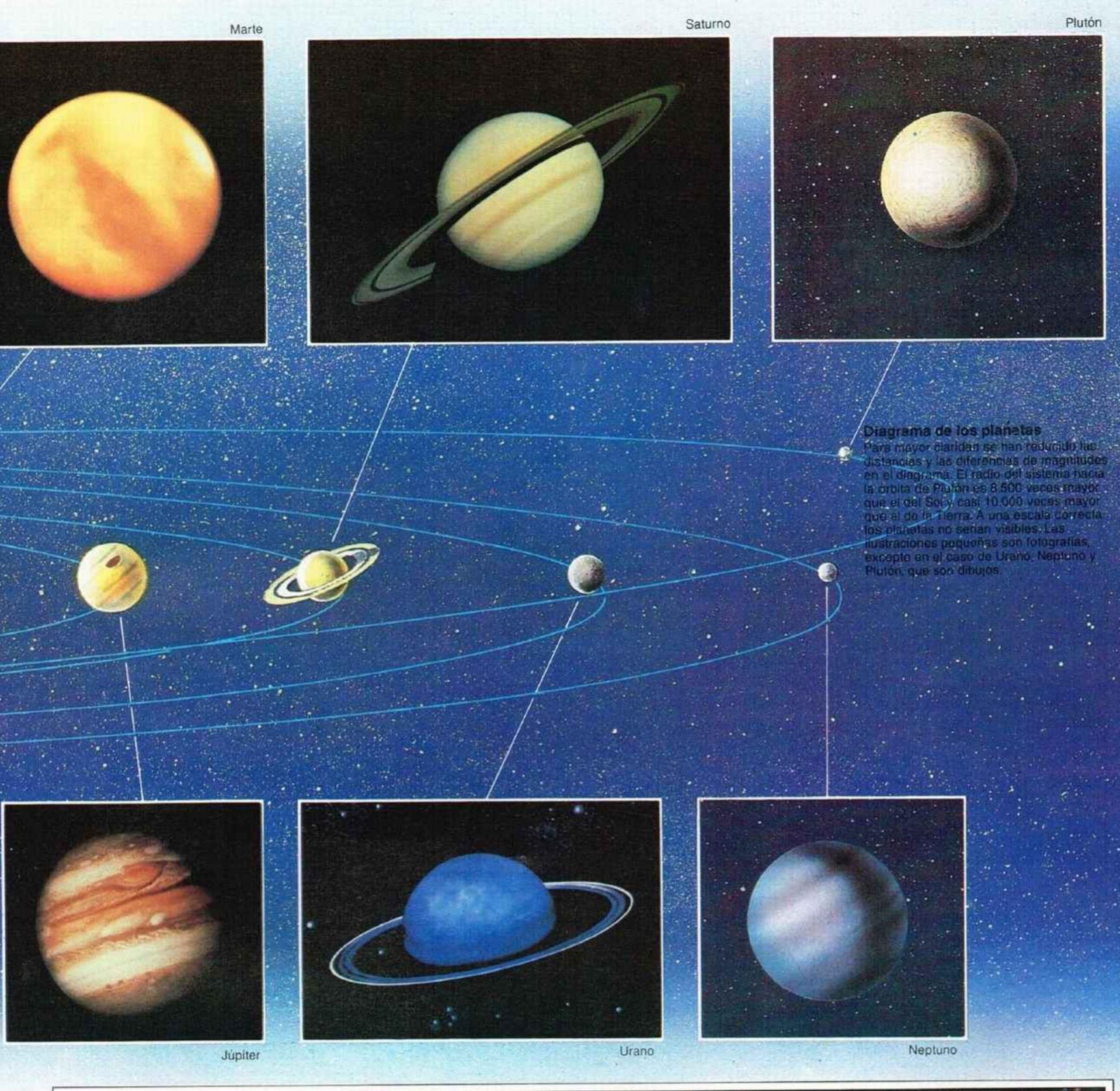
Nuestro Sol es una estrella media, ni muy grande ni muy pequeña, ni caliente ni fría, ni vieja ni reciente. Está situada al borde de un tipo muy común de galaxia espiral. Si lo normal es que tales estrellas tengan un sistema planetario, tal como creen la mayoría de los astrónomos, entonces debe haber muchos planetas parecidos a la Tierra en el universo y en alguno de ellos debería haber vida.

Los planetas de nuestro sistema solar pertenecen a dos categorías totalmente diferentes. Los planetas interiores, Mercurio, Venus, La Tierra y Marte, son lo que en ocasiones se denomina «mundos de bola de cañón»: orbes minerales compactos rodeados de un fino cinturón atmosférico. Los planetas exteriores están compuestos principalmente de gases.

De hecho, Mercurio carece enteramente de atmósfera y es muy parecido a nuestra luna, aunque la temperatura de su superficie fundiría el plomo. Venus es un desierto caluroso envuelto en una niebla amarillenta de dióxido de carbono. Sólo nuestra Tierra tiene una atmósfera de oxígeno y agua líquida. Por lo que sabemos, es también el único planeta con vida en la superficie. Marte tiene una atmósfera enrarecida formada principalmente por dió-

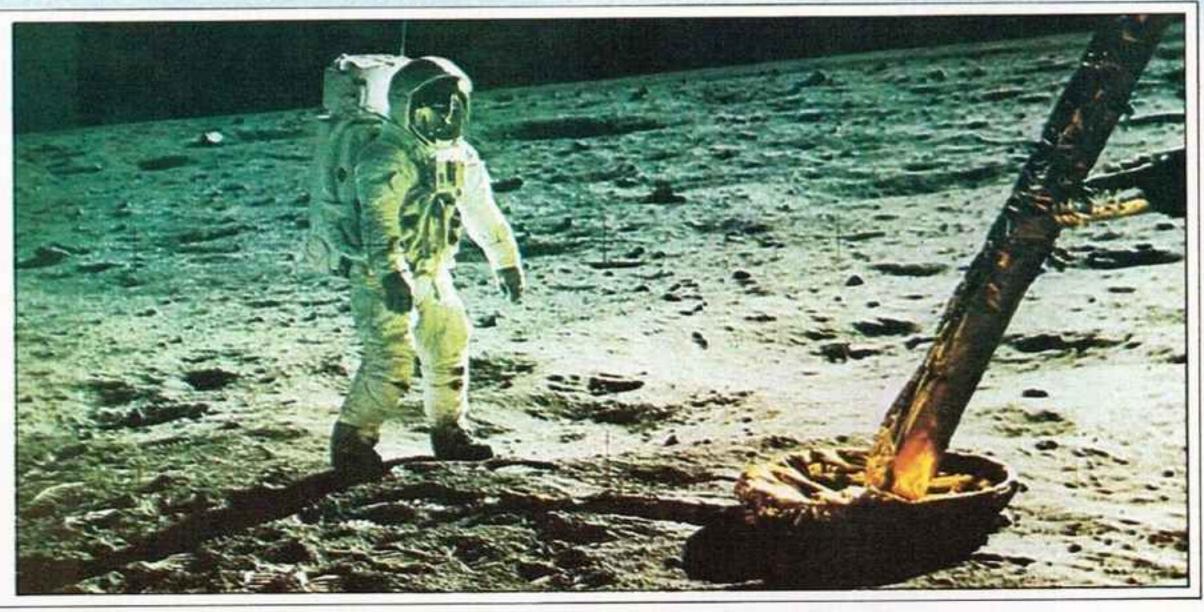
xido de carbono, como la de Venus, aunque la superficie de Marte es un desierto glacial en el que sólo se mueven las tormentas de polvo. En contra de las primeras teorías los asteroides no son fragmentos procedentes de la explosión de un planeta, sino que son los materiales de un planeta que no llegó a formarse, porque la fuerza gravitacional del planeta gigante Júpiter los mantenía en continua dispersión.

Los planetas exteriores, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, son gigantescas bolas de gases muy fríos, principalmente hidrógeno, helio, metano y amoniaco. La densidad es baja —en el caso de Neptuno menor que la del agua—, pero debido a su enorme tamaño los campos gravitacionales de estos planetas tienen una fuerza extraordinaria. Los anillos de Saturno están formados por partículas de hielo. Urano y Neptuno tienen también unos tenues sistemas de anillos. Cada uno de ellos tiene una imponente escolta de lunas, muchas de las cuales son tan grandes como el planeta Mercurio. Plutón es un elemento original entre los planetas. Su órbita es oblicua y excéntrica, y es un «mundo de bola de cañón» como los planetas interiores. Es posible que Plutón sea un planeta adoptado: un cuerpo celeste venido de otro mundo.



### Los primeros pasos en el espacio

Cuando en 1969 Neil Armstrong se posó sobre la Luna (derecha), fue, tal como él dijo, «un salto gigantesco para la humanidad». Sin embargo, debido a los enormes costes de los viajes espaciales tripulados, el estudio ulterior de los planetas se está realizando con aparatos controlados a distancia, que han fotografiado Mercurio, Júpiter y Saturno, y que han penetrado en la atmósfera de Venus y descendido sobre Marte. En 1983 una sonda espacial norteamericana de la serie Pioneer se convirtió en el primer aparato fabricado por el hombre que salia de nuestro sistema solar para proseguir su recorrido por el espacio interestelar.



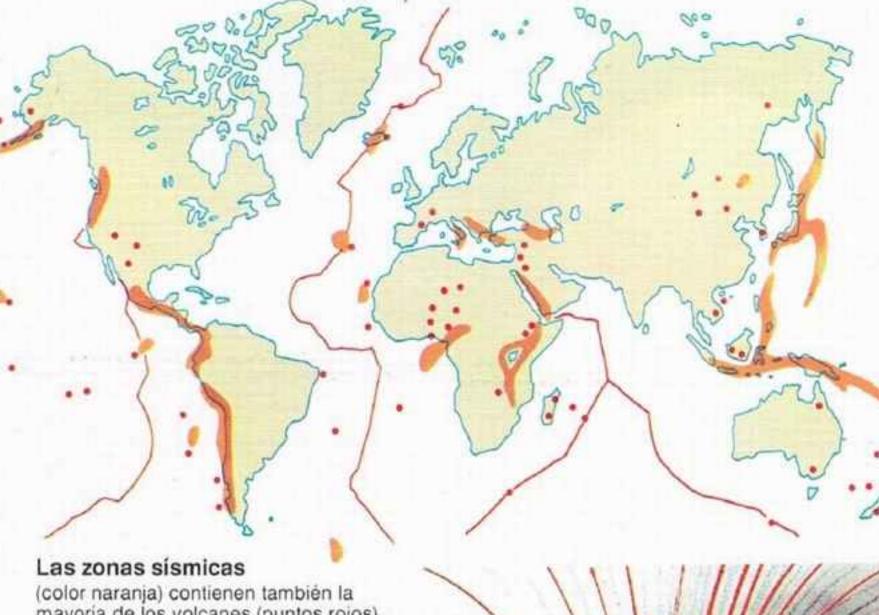
### Las montañas de fuego

La mayoría de los procesos geológicos son tan lentos que no nos da tiempo a observarlos directamente durante nuestras breves vidas. Sus efectos acumulativos no se perciben antes de miles o millones de años. El vulcanismo es una excepción. Un cono volcánico puede formarse en unos días, una montaña puede explotar y ser lanzada a la estratosfera, convertida en polvo fino, en cuestión de segundos.

El vulcanismo se produce cuando el magma se eleva a través de la corteza terrestre. Por qué se produce, cuándo y dónde fueron cuestiones misteriosas hasta la aparición de la moderna teoría de la tectónica de placas. Ahora sabemos que los «cinturones de fuego» de la Tierra suelen seguir los límites de las placas geológicas. El 90 por 100 de todos los volcanes activos se encuentran bien a lo largo de las líneas de expansión (como en Islandia) o en las zonas de subducción (los Andes, Japón). En las zonas de expansión se forma nueva corteza cuando el magma se eleva desde el manto, mientras que en las zonas de subducción se destruye al ser empujada hacia el manto y refundirse con él. El magma del que se formaron los volcanes de los Andes, por ejemplo, está formado principalmente de corteza «reciclada». Los puntos calientes que originan las cadenas de volcanes cuando la corteza terrestre se desliza sobre ellos siguen constituyendo un enigma científico. Dan la impresión de llevar millones de años en el mismo punto del manto.

La naturaleza del vulcanismo varía según la composición del magma. Determinados volcanes, además de nitrógeno, vapor de agua y azufre gasificado, producen principalmente piedras, «bombas» volcánicas, pequeños «lapilli» y cenizas. Un ejemplo es el Vesubio, que sepultó a Pompeya en el año 79. Es este tipo de volcán el que forma el perfil característico de cono abrupto. Otros volcanes arrojan nubes de gas incandescente, como el Monte Pelée de la Martinica, que mató a 30.000 personas en 1902. La lava muy líquida produce los escudos volcánicos de contornos menos profundos. Otros fenómenos característicos son los domos de lava originados por las introducciones de magma, los geisers y las fumarolas.

Se suelen considerar los volcanes como puramente destructivos. Han causado la muerte de muchos miles de personas y las coladas de lava y las cenizas han tenido consecuencias económicas desastrosas. Durante la erupción del Tambora en Indonesia, en 1815, arrojó tanto polvo a la atmósfera que, al año siguiente, no hubo prácticamente verano. Sin embargo, hay otros aspectos. Se cree que todo el carbono orgánico y todo el agua de nuestro planeta es de origen volcánico; no formaban parte de la atmósfera primigenia, sino que surgieron del manto de la Tierra. Así pues, el vulcanismo puede considerarse como una condición necesaria para la existencia de vida en nuestro planeta.



Crater

# (color naranja) contienen también la mayoría de los volcanes (puntos rojos). Estos cinturones de fuego son zonas en las que las placas de la corteza están en movimiento. Otras zonas volcánicas importantes son las dorsales

movimiento. Otras zonas volcánicas importantes son las dorsales centro-oceánicas (líneas) y los «puntos calientes».

#### Los estratovolcanes

son conos abruptos formados por capas de cenizas, lava y piedras.

Cono volcán<u>ico</u>

El magma se eleva desde el manto de la Tierra. La consistencia del magma y, consecuentemente, la naturaleza de la erupción, depende hasta cierto punto de su composición, sobre todo del contenido.

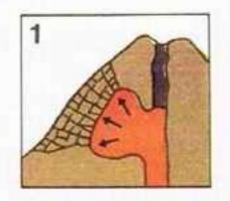
de gas y ácido salícico.

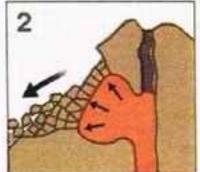
#### Vulcanismo extraterrestre

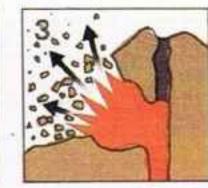
El volcán más grande de nuestro sistema solar es el Monte Olimpo de Marte. Es un gigantesco escudo volcánico, con un diámetro de cerca de 600 kilómetros y la cumbre, una caldera, se eleva unos 23.000 metros sobre el desierto circundante. Las laderas en suave pendiente acaban abruptamente en una caida de unos 4.000 metros hasta el suelo. Todo esto se percibe claramente en el mosaico de fotos verticales hechas por una sonda espacial en órbita. También parece darse actividad volcánica en algunos satélites de Júpiter, aunque los cráteres conocidos de nuestra luna y de Mercurio no tienen relación con el vulcanismo. Son cráteres de impacto causados por la caida de meteoritos en el momento de formación de los cuerpos celestes.



#### Estudio de un caso volcánico: El Monte Saint Helens







El Monte Saint Helens, en el noroeste de los Estados Unidos, tuvo una erupción violenta en 1980. La chimenea hacia la parte superior del cráter estaba bloqueada, y la presión del magma provocó la hinchazón y fractura de la ladera de la montaña (1). Un deslizamiento de tierras liberó posteriormente la presión que rodeaba al magma (2) y estalló la ladera (3). Fue probablemente la erupción volcánica más fotografiada de la historia.

Rocas y piedras pequeñas caen en torno al cráter, la ceniza se dispersa por zonas más amplias.



Las fisuras laterales pueden liberar lava o gas, aunque también pueden convertirse en cráteres laterales.

#### Los escudos volcánicos

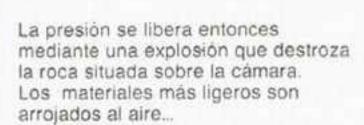
se forman a partir de lavas líquidas y gaseosas. Son más bajos y más planos que los típicos estratovolcanes, y también más grandes.

Los geisers

y otras fuentes de aguas calientes surgen cuando el agua del suelo llega a estratos geológicos calientes. Estas erupciones se producen a intervalos, cuando el agua hierve de manera violenta.

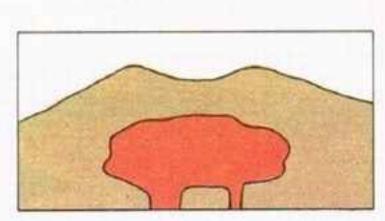
#### Formación de una caldera

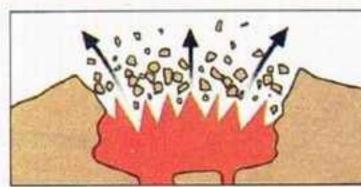
Se forma una caldera después de la formación subterránea de una gran cámara de magma. La chimenea acostumbrada no se ha formado.

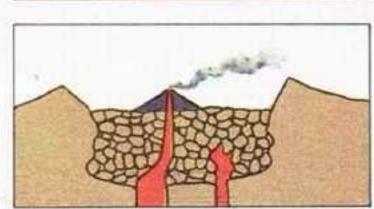


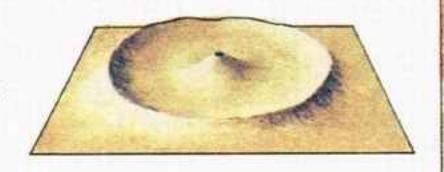
... pero la mayoría de las rocas pesadas caen a la câmara vacía. La actividad volcánica decreciente puede formar un pequeño cono volcánico en la caldera.

El resultado final es una depresión circular rodeada de un reborde montañoso y a veces con un lago. El diámetro puede ser de 20 o más kilómetros.

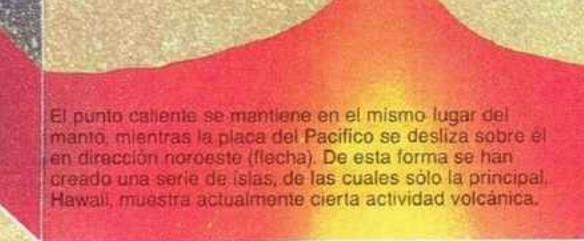












### La energía del subsuelo

La sociedad industrial se nutre de los recursos energéticos del subsuelo: carbón y petróleo. Ambos son, en realidad, energía solar fosilizada de épocas geológicas remotas.

La hulla se formó en el Carbonífero, hace unos 300 millones de años. En unas condiciones de presión y calor inmensos, la vegetación muerta se fue transformando gradualmente en el mineral que ahora se extrae. El carbón marrón o lignito tiene un origen algo más reciente. No está transformado de manera tan completa como el carbón negro o de hulla y su contenido energético es menor. El petróleo y el gas natural son también de origen orgánico, aunque en su caso fueron organismos unicelulares los que absorbieron los rayos del Sol durante la Era de los dinosaurios, hace un par de millones de años. No obstante, según otra teoría, parte al menos del gas natural es «gas profundo», hidrocarburos que han existido en el interior de la Tierra desde la formación del planeta y que se han ido filtrando al exterior durante miles de mi-Îlones de años. Parte de este gas ha quedado atrapado bajo estratos rocosos cerrados de la misma forma que el gas orgánico.

El interés por el carbón y el petróleo surgió por la fácil disponibilidad de los yacimientos de superficie. El combustible fósil se empleó en gran escala por primera vez en la Inglaterra del siglo xvi, donde, a consecuencia de la deforestación, había escasez de leña para las ciudades en desarrollo. Más adelante se empleó el carbón para alimentar los motores de vapor de la revolución industrial. La explotación a gran escala del petróleo comenzó en Estados Unidos en la década de 1850, siendo los productos principales en aquella época el lubricante de ejes y la parafina para lámparas. El petróleo era un derivado sin utilidad alguna. Una pequeña cantidad se vendía como quitamanchas, mientras que el resto se eliminaba quemándolo.

Otro tipo de energía del interior de la Tierra es la geotérmica, el calor de las entrañas de nuestro planeta, heredado de la creación del sistema solar hace 5.000 millones de años. El calor se ha generado por la desintegración de los elementos radiactivos que se juntaron en el núcleo de la Tierra durante la formación del planeta.

> El carbón en el mundo

Estados Unidos, Europa

principales productores.

Occidental, la Unión

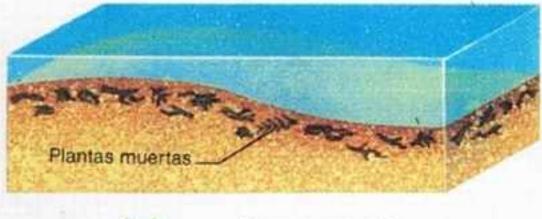
Soviética, China y

Australia son los

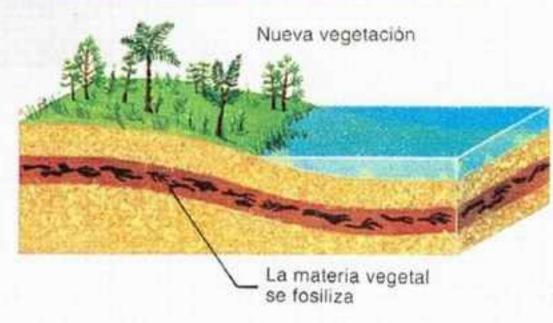




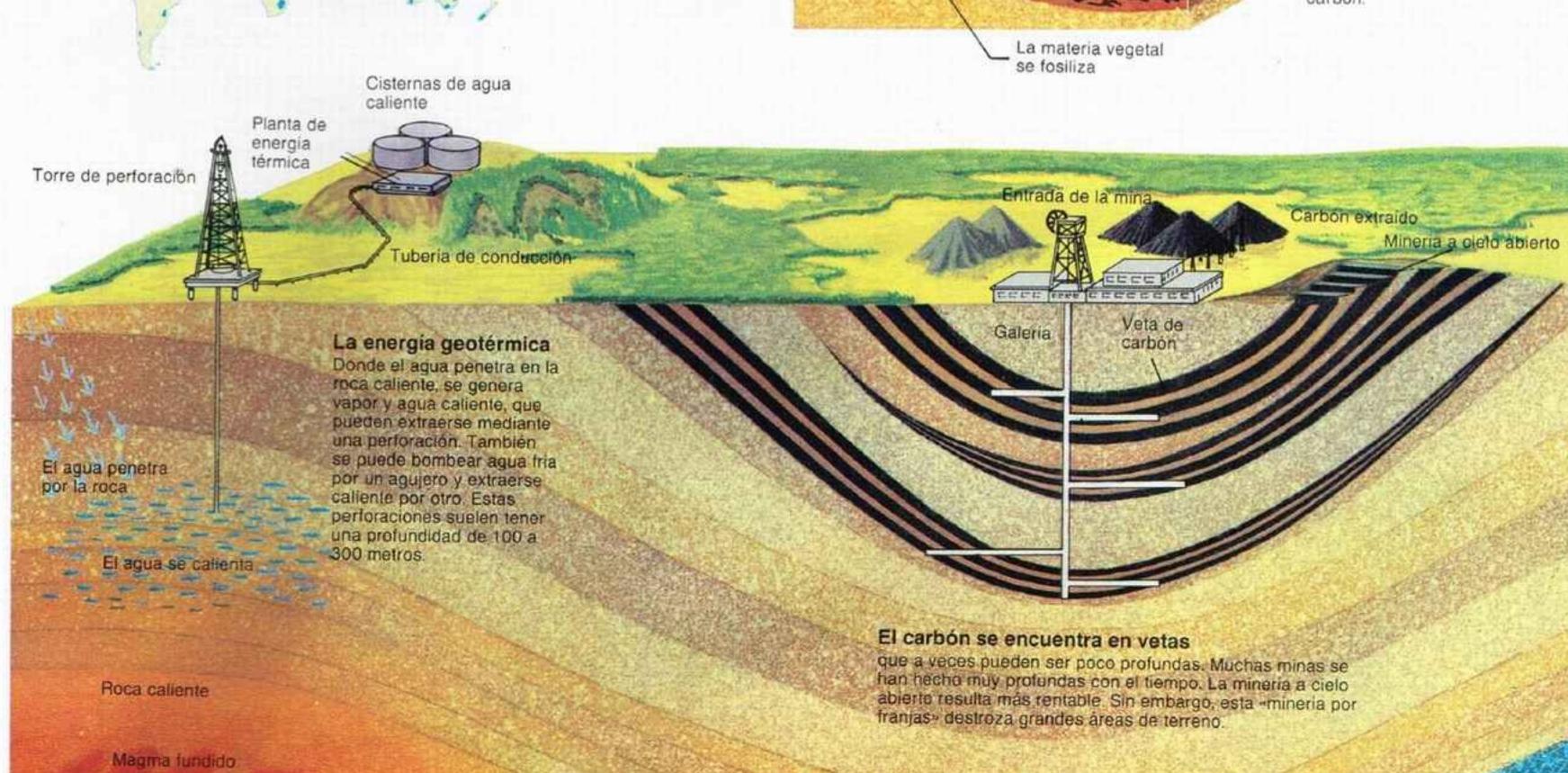
En el Carbonifero había grandes extensiones de bosques pantanosos. El nivel de las aguas variaba de una epoca a otra...

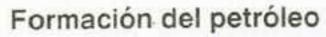


y cuando se elevaba. moria la vegetación. Si la vegetación muerta estaba cubierta de tal forma que no le llegaba el oxígeno, no se desintegraba, sino que formaba una capa orgánica en el suelo.



Con el tiempo esta capa se transformaria en una veta de carbón. En el suelo situado sobre la veta surgia un nuevo bosque pantanoso, que se convertiría en otra veta de carbon.



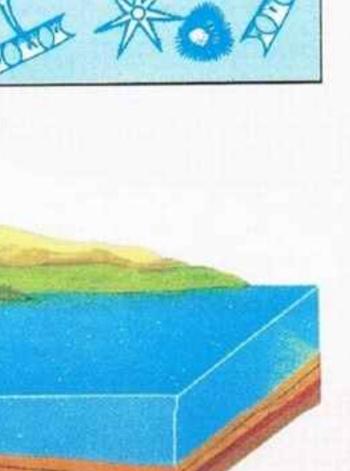


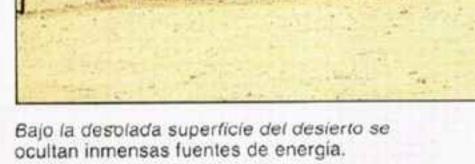


#### Del cieno del fondo marino...

En lagos y lagunas poco profundas proliferaban multitud de diminutos organismos acuáticos. Al morir caian al fondo, formando una capa de cieno rica en materia orgánica. Puede que algunos dinosaurios siguieran la misma suerte, aunque no fueron los que más aportaron al proceso.

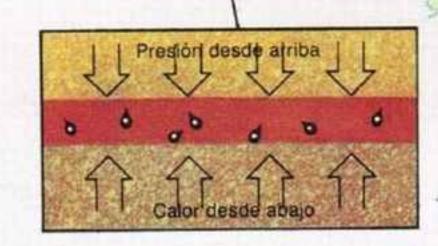






#### ... al petróleo

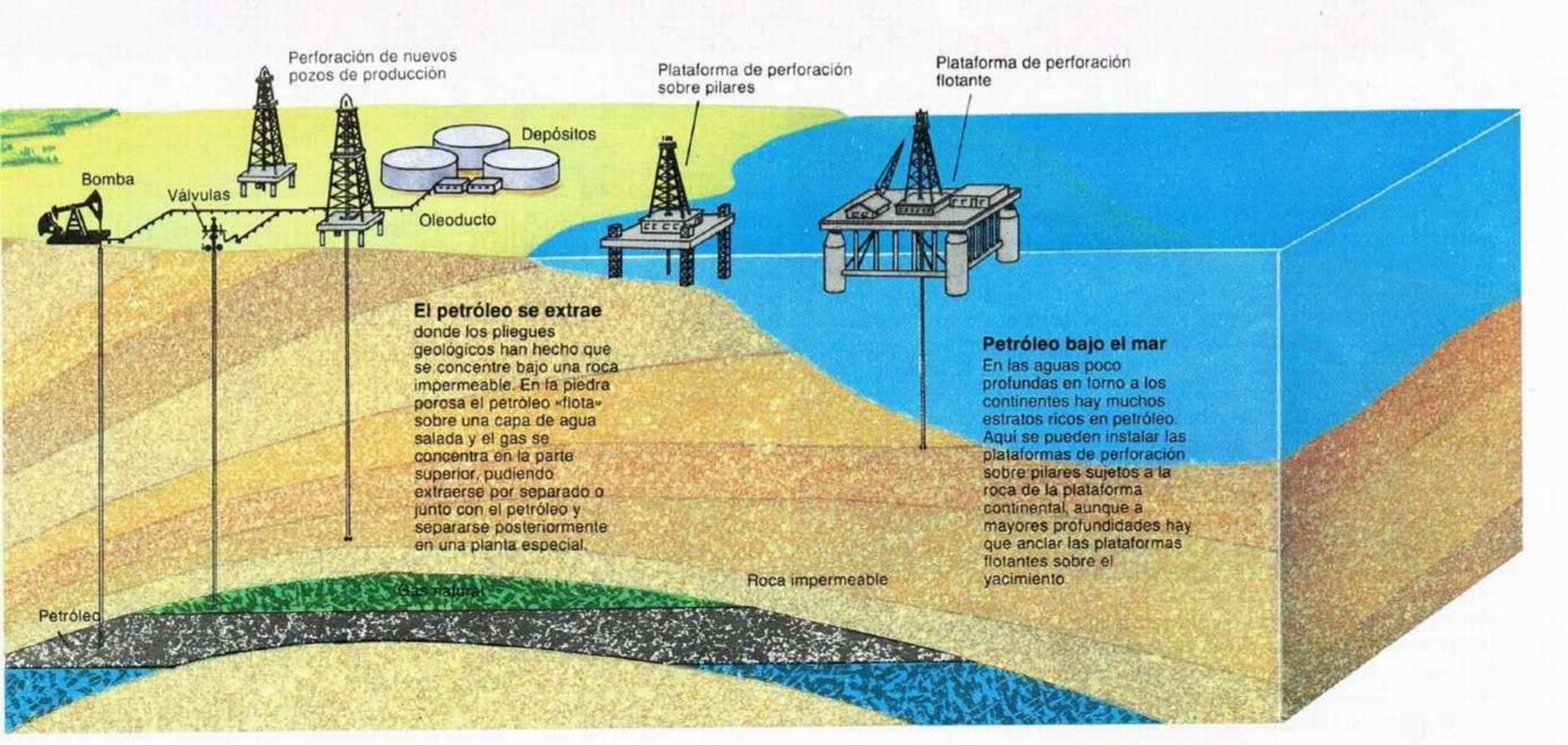
El agua del fondo, pobre en oxigeno, protegia a los hidrocarburos de los organismos muertos de la desintegración. La presión y el calor convirtieron los hidrocarburos sencillos en las grandes moléculas de petróleo. Así se formaron las areniscas ricas en petróleo, las pizarras bituminosas y las arenas alquitranadas.



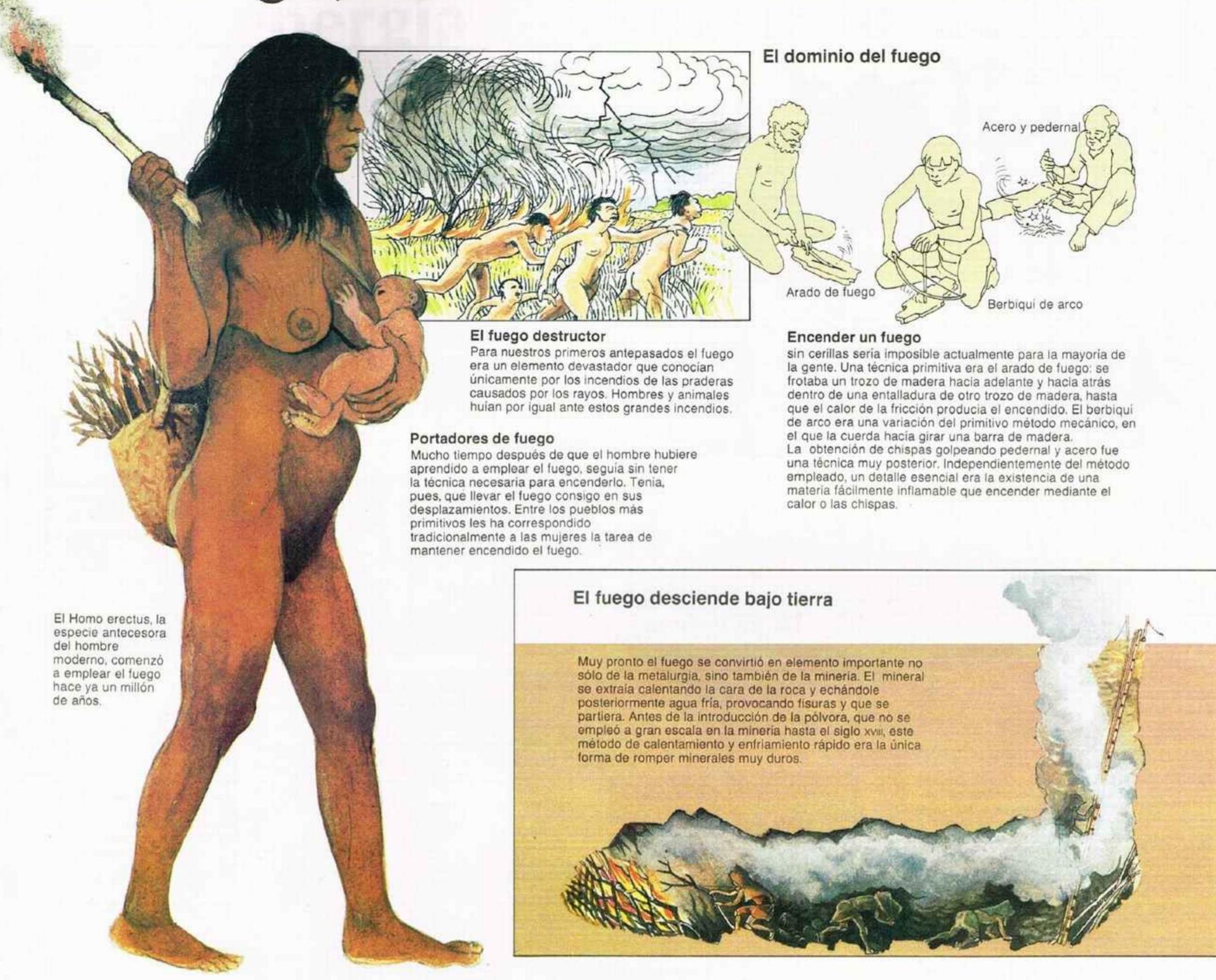


#### El petróleo en el mundo

se suele encontrar lejos de donde mayor es la demanda. Se siguen buscando nuevas reservas y el aumento de los precios ha hecho rentable la extracción de petróleo de las plataformas continentales y del Ártico.



# El fuego, al servicio del hombre



Si se le pide a un químico que defina el fuego, probablemente responderá que es una reacción de oxidación exotérmica. Si se calientan ciertos compuestos de carbono o hidrógeno hasta la temperatura necesaria, se combinarán con el oxígeno del aire (oxidación). Este proceso despide grandes cantidades de calor (es exotérmico), tanto que calienta el resto del combustible lo suficiente para que la oxidación continúe y se extienda. El fuego, en otras palabras, es una reacción química en cadena.

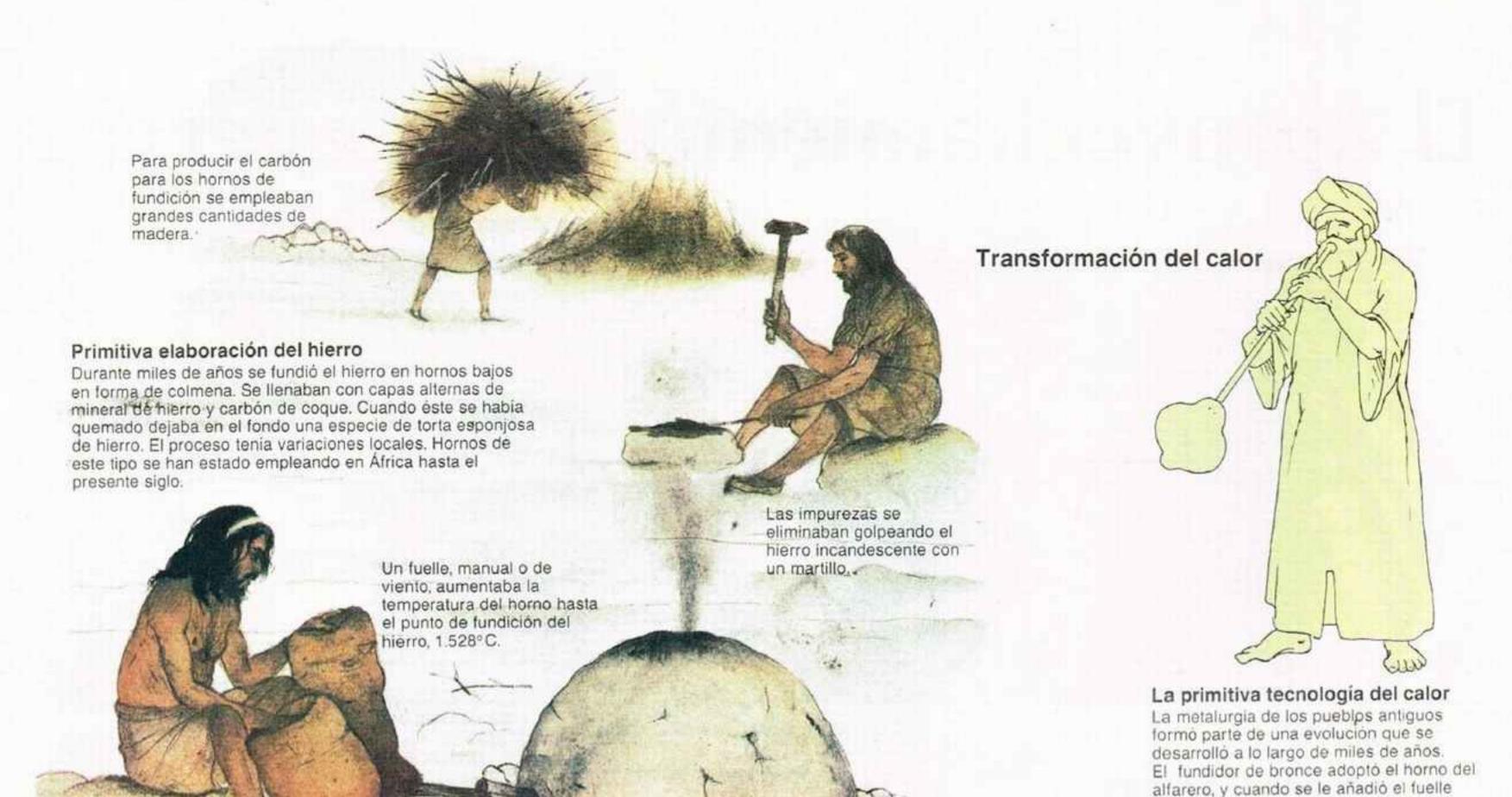
En las praderas en las que evolucionó el hombre primitivo, el fuego desempeñó un papel importante como regenerador periódico de la vegetación. Cuando nuestros antepasados empezaron a emplear el fuego para sus propios fines, hace entre 1.500.000 y 500.000 años, probablemente lo emplearan para levantar las presas en sus cacerías organizadas. Mucho después, en torno al año 7000 a. de C., el hombre neolítico comenzó a emplearlo regularmente como fuente de calor y de luz, y como forma de mantener alejados a los predadores nocturnos. Y aún mucho después el hombre aprendió a emplear el calor del fuego para cocinar su alimento. El fuego se convirtió probablemente en una necesidad al pasar de las cálidas llanuras de África a regiones más frías e inhóspitas.

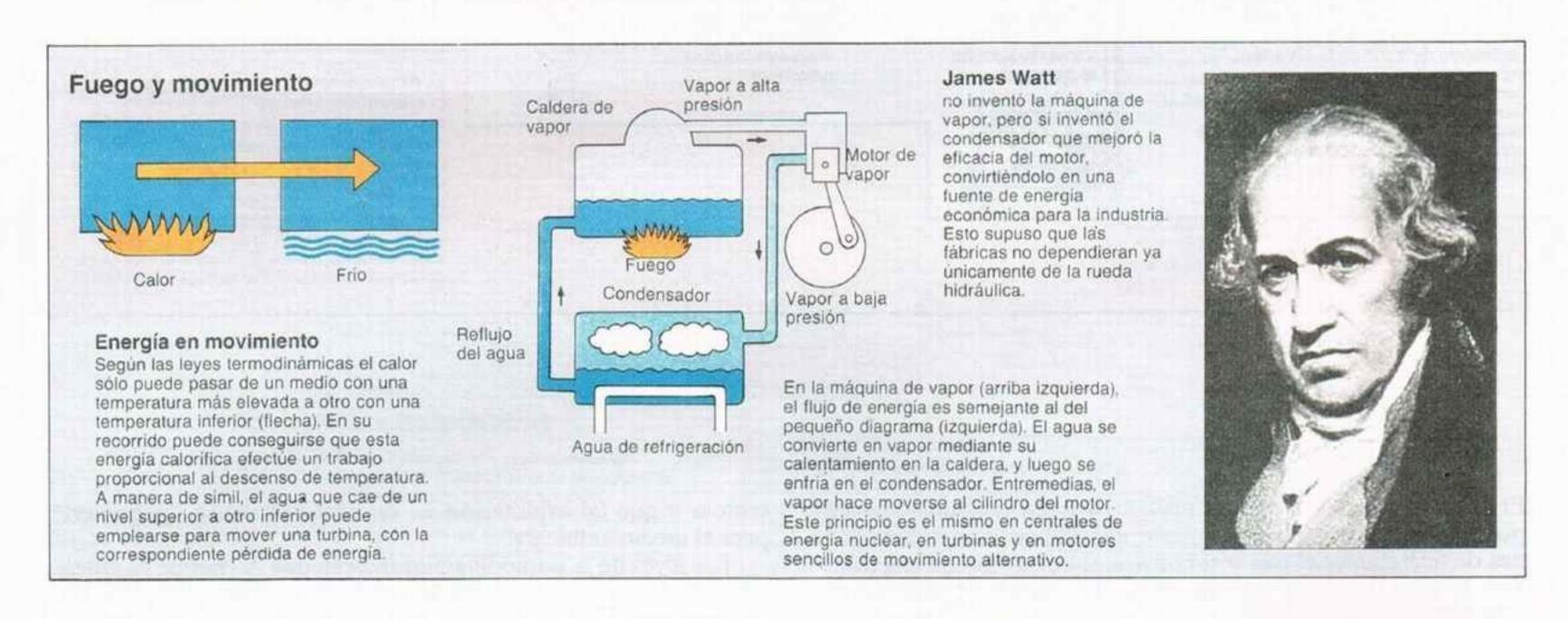
El primitivo hogar rudimentario, un círculo de piedras, fue

construyéndose a mayor altura. Pronto se dio el paso siguiente, al horno y al horno del alfarero, que se convirtió en el primitivo horno de fundición de los primeros metalúrgicos. El horno cerrado permitía controlar procesos sencillos de oxidación y de reducción. Posteriormente, la evolución se estacionó hasta alrededor del siglo xv, cuando el horno bajo de fundición fue sustituido por el alto, con un aumento de economía en combustible y una mejor regulación del proceso.

En Alejandría, los inventores griegos ya habían concebido la idea de convertir el calor en energía cinética. Este concepto fue retomado a finales del siglo XVII, cuando las minas europeas eran ya tan profundas que era imposible la extracción manual. Los primeros motores de vapor se construyeron para mover las bombas de las minas y eran del tipo atmosférico. El vapor se inyectaba en el cilindro cuando el pistón estaba en su posición exterior. Luego se añadía el agua, y el proceso de enfriamiento creaba un vacío que hacía que el pistón se moviera hacia el interior. La cadencia del pistón era de un golpe por minuto y las máquinas tenían que ser enormes para alcanzar la energía necesaria.

James Watt cambió la situación. En 1769 introdujo un condensador en el motor de vapor. Esto mejoró la economía de combusti-

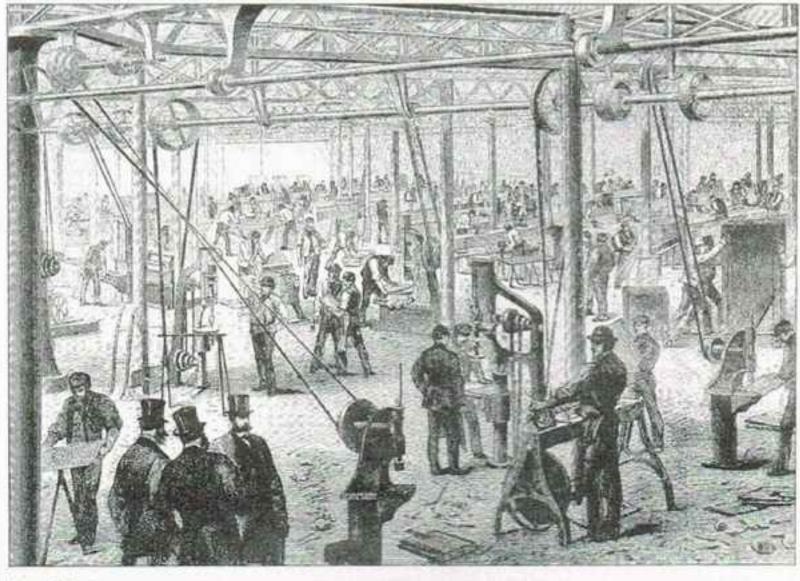




ble y la cadencia de golpes. Introdujo la biela que convertía el movimiento del pistón en un movimiento rotatorio, así como el regulador que controlaba la cadencia. Watt era un industrial autodidacta, constructor de fábricas y de instrumentos, e inventó el condensador por pura intuición. El análisis científico del invento lo realizó el francés Sadi Carnot en 1824, fundando así la termodinámica, la ciencia de la transformación de la energía.

A menudo se ha malinterpretado el papel del vapor en la industrialización de Europa. El vapor no creó la industrialización, ya existían la industria y las máquinas antes de Watt. Medio siglo después de la primera patente de Watt, la rueda hidráulica seguía utilizándose como fuente de energía en la industria británica, la más avanzada del mundo en aquella época. No obstante, el motor de vapor liberó a la industria de las limitaciones de la energía hidráulica en cuanto al emplazamiento y al volumen de la fábrica.

Fue en el terreno del transporte donde se dio la verdadera revolución. Los barcos de vapor abrieron el valle del Mississippi, las locomotoras de vapor abrieron el oeste de Estados Unidos y Siberia al comercio internacional y al desarrollo económico. El vapor contribuyó a transportar los productos de los países industrializados por todo el mundo y a traer las materias primas a estos mismos países. El desarrollo del vapor marcó la llegada del mundo moderno.



pudo emplearse este horno para la fundición del hierro. El horno sencillo

fabricación de cristal (arriba: soplador de

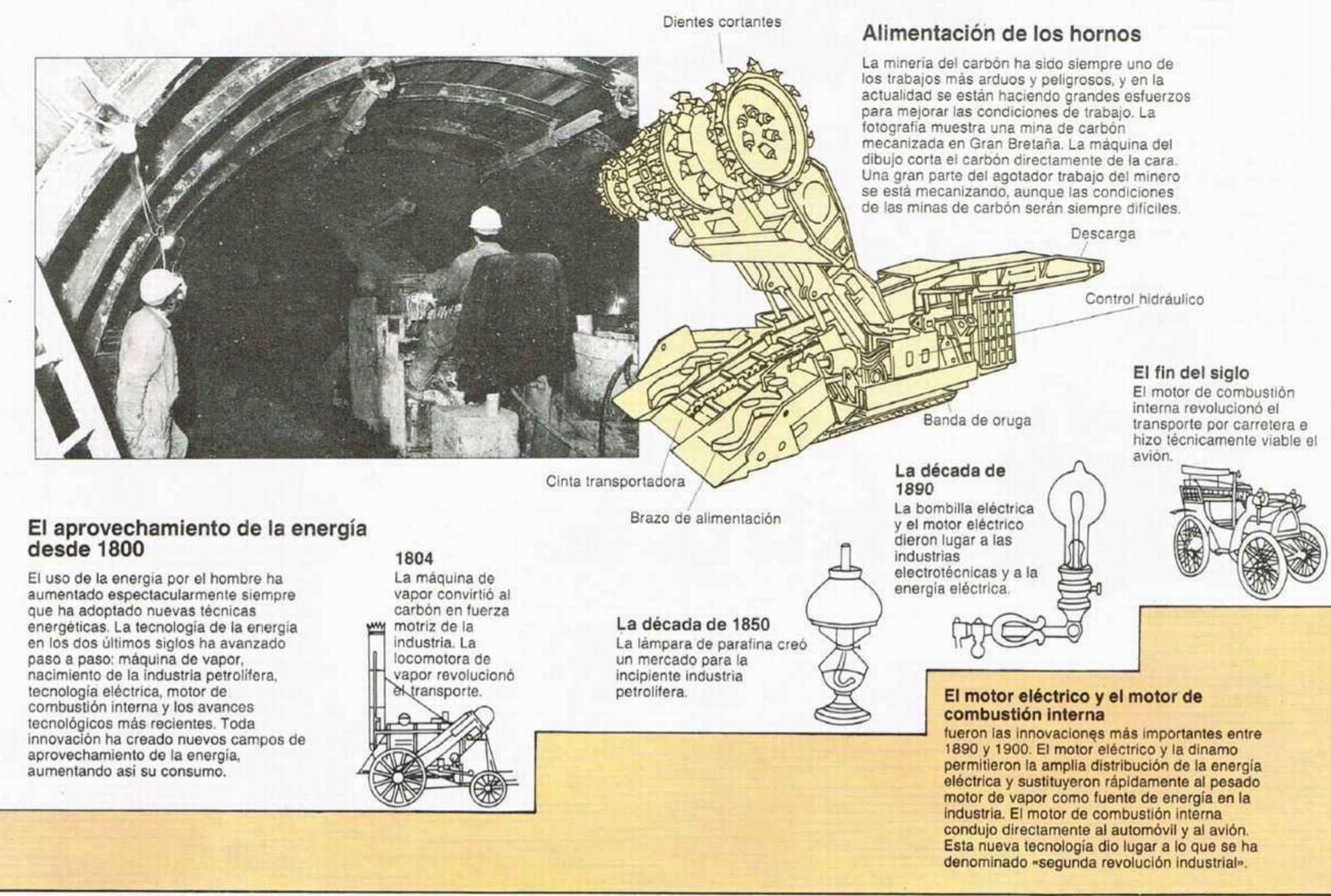
podia además emplearse para la

cristal oriental).

Las fábricas del siglo XIX

funcionaban con motores de vapor, distribuyendo la energía a las diferentes máquinas mediante un laberinto de ejes y correas. La producción aumentó, aunque también se centralizó más, ya que el artesano individual no podía permitirse tener su propio motor de vapor. Las numerosas correas al descubierto hacían que las condiciones de trabajo fueran muy peligrosas.

# El aprovechamiento de la energía



El Sol es la principal fuente de energía de nuestro sistema planetario. Su superficie irradia al espacio una radiación electromagnética de una magnitud casi inconmensurable, que puede calcularse en 4 × 10<sup>23</sup> kilowatios, es decir, un cuatro seguido de 23 ceros. De esta enorme producción, la Tierra recoge unos 127.500 miles de millones de kilowatios en el lado con luz o 1 kW/m². Esta energía recorre la atmósfera y la hidrosfera antes de regresar al espacio. Todos los procesos vitales se mantienen por la energía que los organismos retienen de este flujo para emplearla en su propio metabolismo y en su medio de vida.

Esto sirve también para el hombre. Nuestros primeros antepasados no disponían de más energía que su fuerza muscular. Se dieron dos grandes pasos cuando el hombre dominó el fuego hace un millón de años y cuando aprendió a aprovechar la fuerza de los animales de tiro durante la revolución agrícola de hace unos 8.000 años. Pero el principio permaneció inalterado. La madera con la que el hombre alimenta sus fuegos y el forraje que alimenta a sus animales eran energía solar reconstituida, como todos los alimen-

tos que él mismo consume.

La situación cambió espectacularmente cuando el hombre empezó a emplear combustibles fósiles, carbón y petróleo. A partir de entonces se pudieron emplear grandes cantidades de energía en el transporte, la industria y la agricultura, lo cual preparó el camino para un continuo aumento de la producción. Parecía que se habían superado todas las limitaciones naturales. Este optimismo energético llegó a su culmen con el desarrollo de la energía nuclear, que prometía a la humanidad una energía casi gratuita en cantidades ilimitadas.

Ahora, sin embargo, nos estamos dando cuenta de que nuestros recursos energéticos no son inagotables, que su explotación es costosa y que tal explotación es, en última instancia, perjudicial para el medio ambiente.

Las leyes de la termodinámica indican que la energía es indestructible. La energía no puede ni crearse ni destruirse, simplemente aprovecharse mediante su transformación. La corriente eléctrica de un enchufe de pared puede suponer sólo el 40 por 100 de la energía del petróleo, uranio o agua corriente empleada para el funcionamiento de los generadores de la central eléctrica. La luz de una bombilla eléctrica representa una décima parte de su potencia, es decir, diez vatios de 100. ¿Qué sucede con el resto y dónde va la luz cuando se apaga la lámpara? Toda esta energía, incluyendo la energía luminosa, se convierte en calor de bajo grado, que escapa hacia el espacio en forma de radiaciones infrarrojas de onda larga.

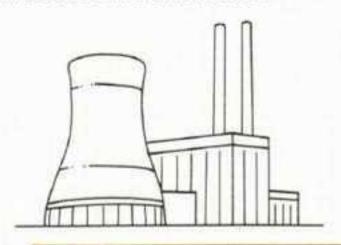
Las radiaciones de un cuerpo son proporcionales a su temperatura. La temperatura de la Tierra se ha estabilizado en un punto en el que la radiación incidente y la reflectada se equilibran exactamente. El calor que emana de los combustibles fósiles y de las reacciones nucleares no procede del Sol. Es calor adicional, contaminación térmica, que aumenta la temperatura de la atmósfera. En consecuencia, la temperatura media de la Tierra debe aumentar para mantener el equilibrio de radiación. Hasta ahora esta alteración térmica del medio se ha notado únicamente a niveles locales, cuando los desechos de torres y agua de refrigeración han afectado al microclima en el entorno próximo. Lo anteriormente descrito muestra que la producción de energía tiene unos límites. La vía para una mayor prosperidad no es ya un aumento de la producción de energía, sino unos procesos de producción y unos estilos de vida más económicos energéticamente y menos destructores del medio ambiente.

#### La década de 1950

Energia solar de

flujo constante

Se inició el desarrollo de la energia nuclear comercial, la disponibilidad ilimitada de energia barata seguía considerándose la clave de todo tipo de progreso técnico y económico. La tecnologia de esta energia nuclear "pacífica" procedia de los programas militares de armamento nuclear.





#### ¿Energía limpia?

El tratamiento del combustible y la distribución de la energía se realiza en condiciones mucho más tolerables de las existentes bajo el suelo. La fotografía muestra la sala de control de una central nuclear. La sala de control de una central térmica de carbón tiene un aspecto parecido, aunque los cuadros de mandos tengan un aspecto menos impresionante. A pesar de la limpieza de la sala de control de la central, las amenazas al medio ambiente existen. Toda conversión técnica de energía, incluso el fuego doméstico, produce daños ambientales de algún tipo. Los grandes sistemas de energia son muy eficaces, pero pueden averiarse. Una averia importante puede dejar prácticamente paralizada toda una region.

#### Una comunidad saturada de energía

Durante las décadas de 1950 y 1960, el consumo de energia aumento vertiginosamente en los paises industriales, doblandose cada cinco años en algunos casos. Este aumento no se debió tanto a la energía nuclear como a la expansión de las redes de energía eléctrica y a los sistemas de gasoductos a escala continental. Durante los años 70 el consumo de energia se estanco, debido en parte a la necesidad de ahorrar petróleo y a una reducción general de la expansión económica. Los países industriales predicen ahora el estancamiento de su consumo de energia, al tiempo que siguen aumentando las necesidades del Tercer Mundo.

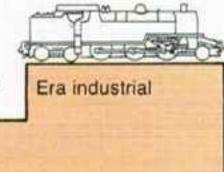
#### El hombre y la escalera energética

El «homo sapiens» y sus antecesores han estado siempre situados en algún punto de la «escalera energética», aunque entre un escalon y otro hay millones de años. El fuego y la utilización de bestias de carga, como bueyes, burros y caballos, fueron los avances más importantes hasta la llegada de la industrialización. Entre estos grandes cambios el consumo de energía per cápita se mantuvo a niveles relativamente estables.



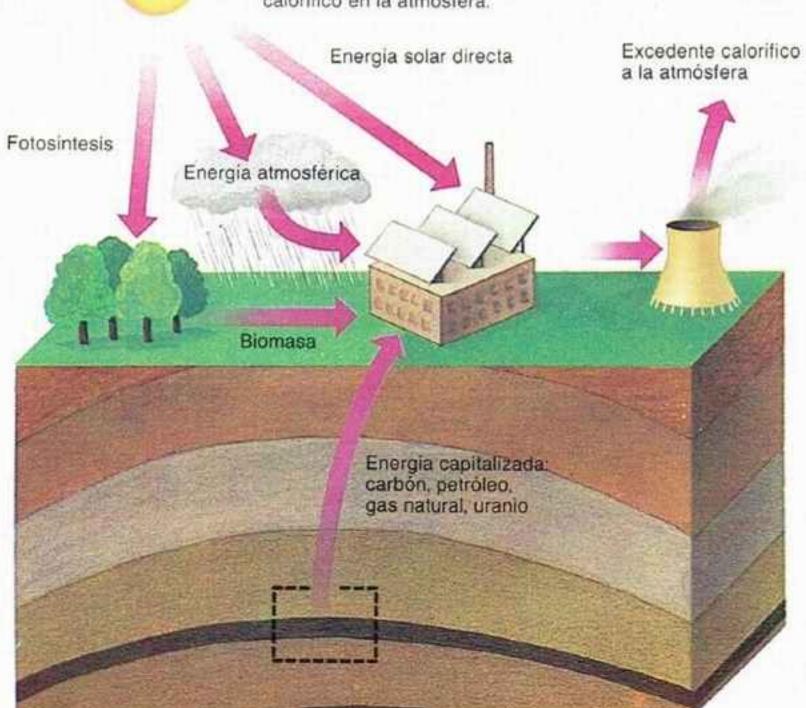
Revolución

agricola



#### Energía renovable frente a energía no renovable

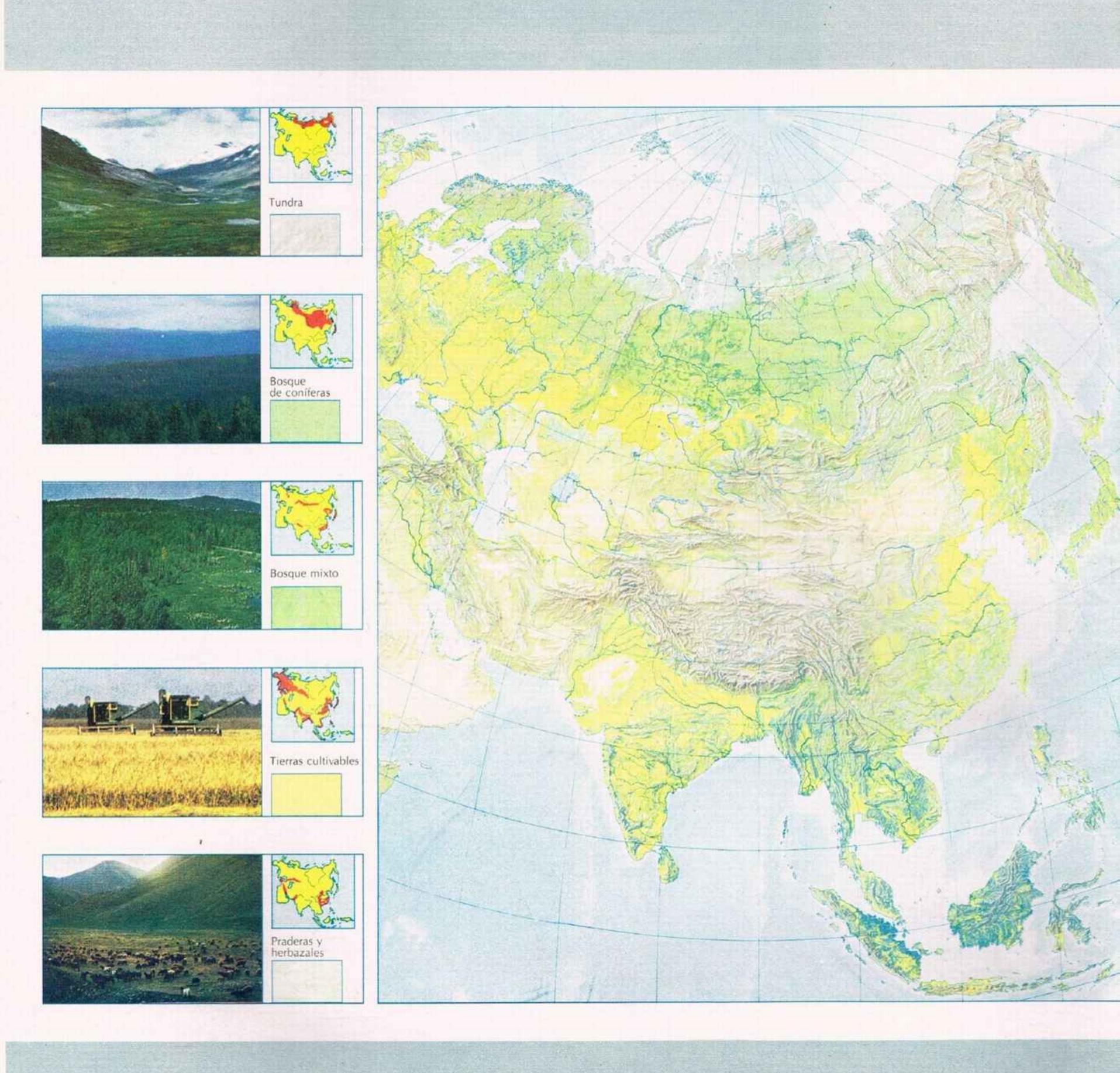
El empleo de fuentes de energía renovable supone la captación de la energía solar a su paso por la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera, tal como hicieron nuestros antepasados. Con técnicas avanzadas esta energía podría bastar para las necesidades de los tiempos modernos. Por otro lado, la energía capitalizada, como son los combustibles fósiles y el uranio, es energía de fuentes no renovables y, por tanto, no inagotables. Independientemente de su procedencia, toda esta energía acaba como excedente calorífico en la atmósfera.

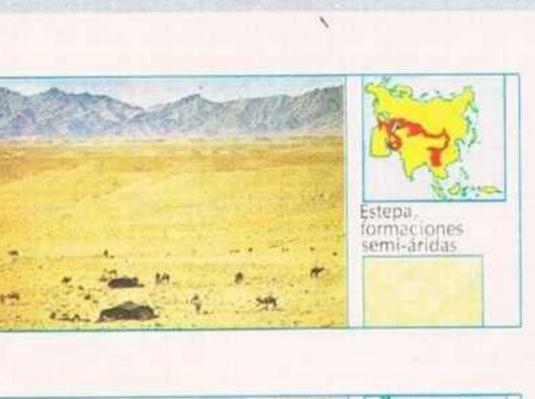


#### Sociedades energéticamente pobres

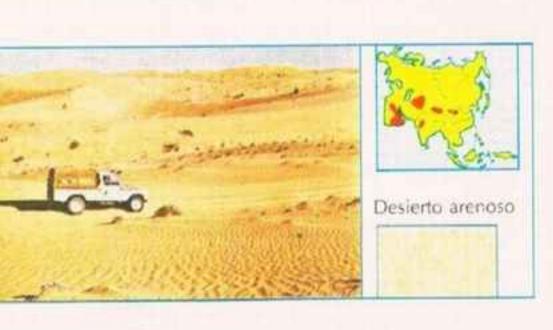
Los recursos energéticos están distribuidos desigualmente. Los países industrializados emplean el 90 por 100 de toda la energía disponible, mientras que la mayor parte de los habitantes de los países en desarrollo tienen que conformarse con la «energía de subsistencia» que encuentren. Su búsqueda de combustible (abajo) ocupa una cantidad enorme de tiempo y trabajo, y causa con frecuencia graves daños a la vegetación.

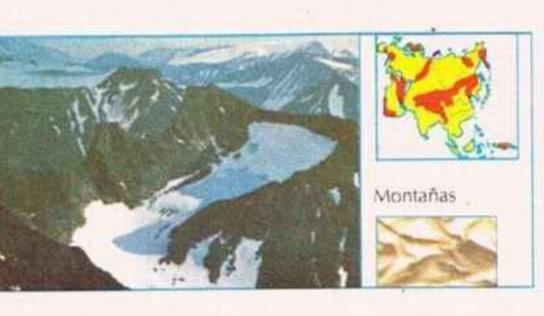
















# El Mundo en mapas

Un mapa es una representación de la superficie de la Tierra, aunque por ser abstracto, carece del realismo de la fotografia aérea; las montañas, los rios, los mares y las ciudades han de ser indicados mediante signos y colores convencionales. Ha sido necesario clasificar y ordenar la infinita variedad de la superficie de la Tierra para poder representarla de una manera fácilmente comprensible. En el pasado, la cartografía ha adolecido quizás de excesiva abstracción; muchos lectores recordarán los antiguos atlas escolares en los que el desierto del Sahara, próximo al nivel del mar, aparecía en un verde exhuberante, mientras que la rica vegetación de las tierras altas africanas se representaba en marrón oscuro; el mapa no indicaba las caracteristicas específicas del paisaje, con sus bosques y prados, sus desiertos y sus llanuras cultivadas.

Las imágenes captadas por los satélites y las fotografías de la Tierra tomadas desde el espacio han inspirado una nueva era en cartografía. Los mapas del medio geográfico de este atlas acercan la representación de la superficie de la tierra a la realidad. Las antiguas y esquemáticas curvas de nivel han sido sustituídas por efectos plásticos de relieve y colores más próximos a los del mundo natural. Esta nueva forma de cartografía representa la superficie de la Tierra con un grado de detalle no conseguido jamás hasta ahora en un atlas de este tipo.

La clave de la izquierda indica las principales categorías en que se han agrupado los diferentes medios geográficos. Otros medios específicos no representados aquí tienen también su propio código de color. En las guardas posteriores puede encontrarse la serie completa de todos ellos. Para el mapa de España se utiliza un código específico de colores, que igualmente se encuentra en las guardas posteriores.





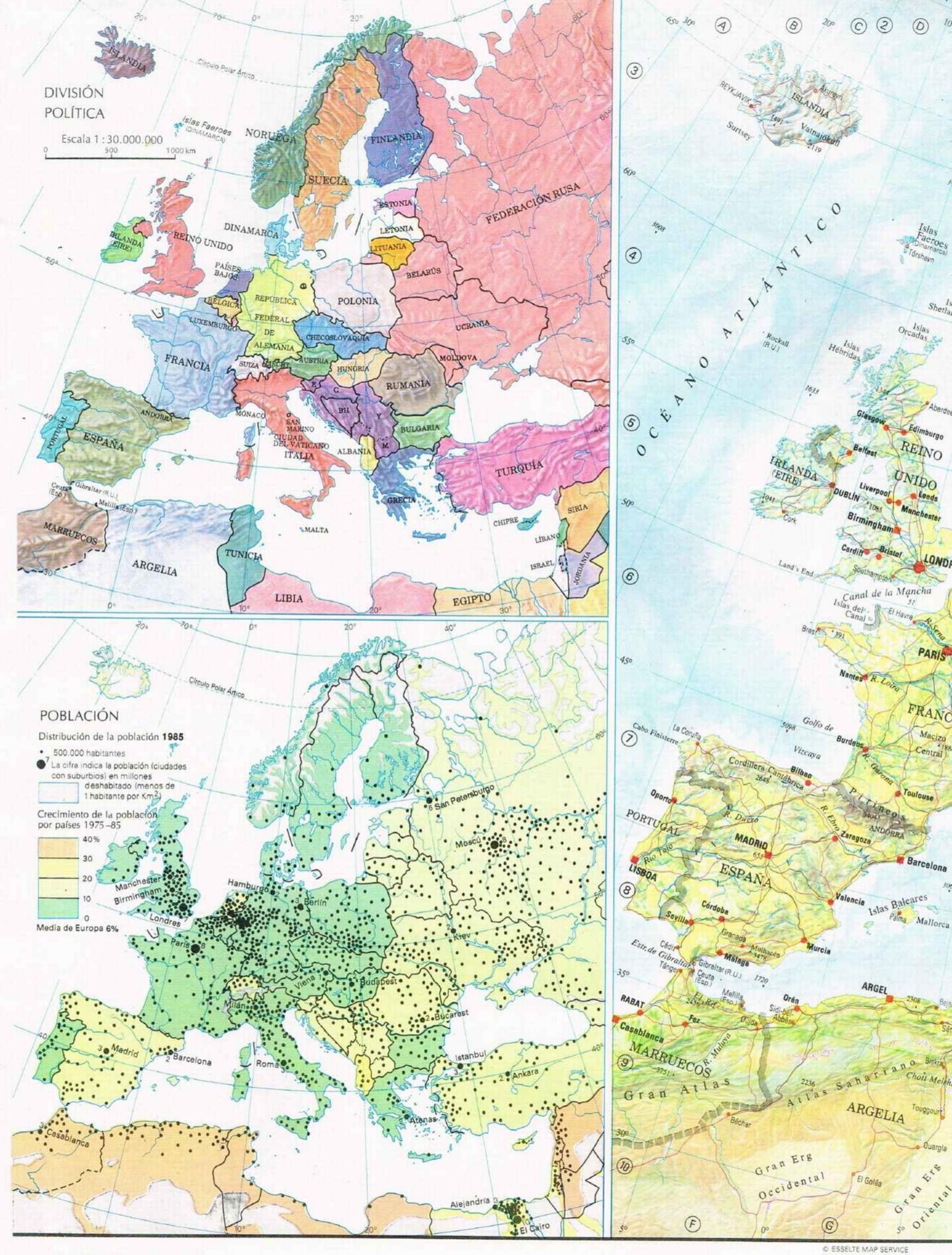
400 km

300E

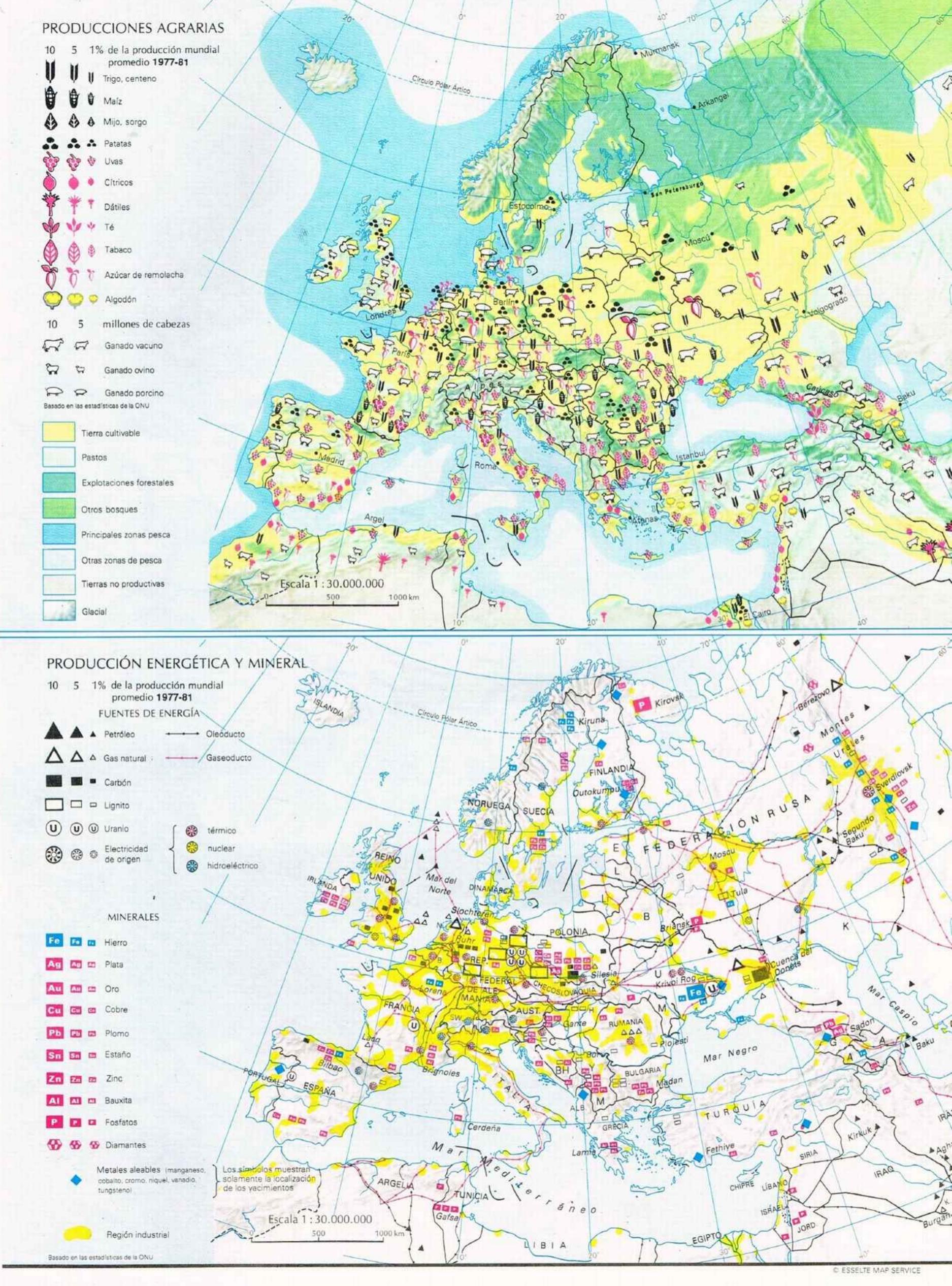
200

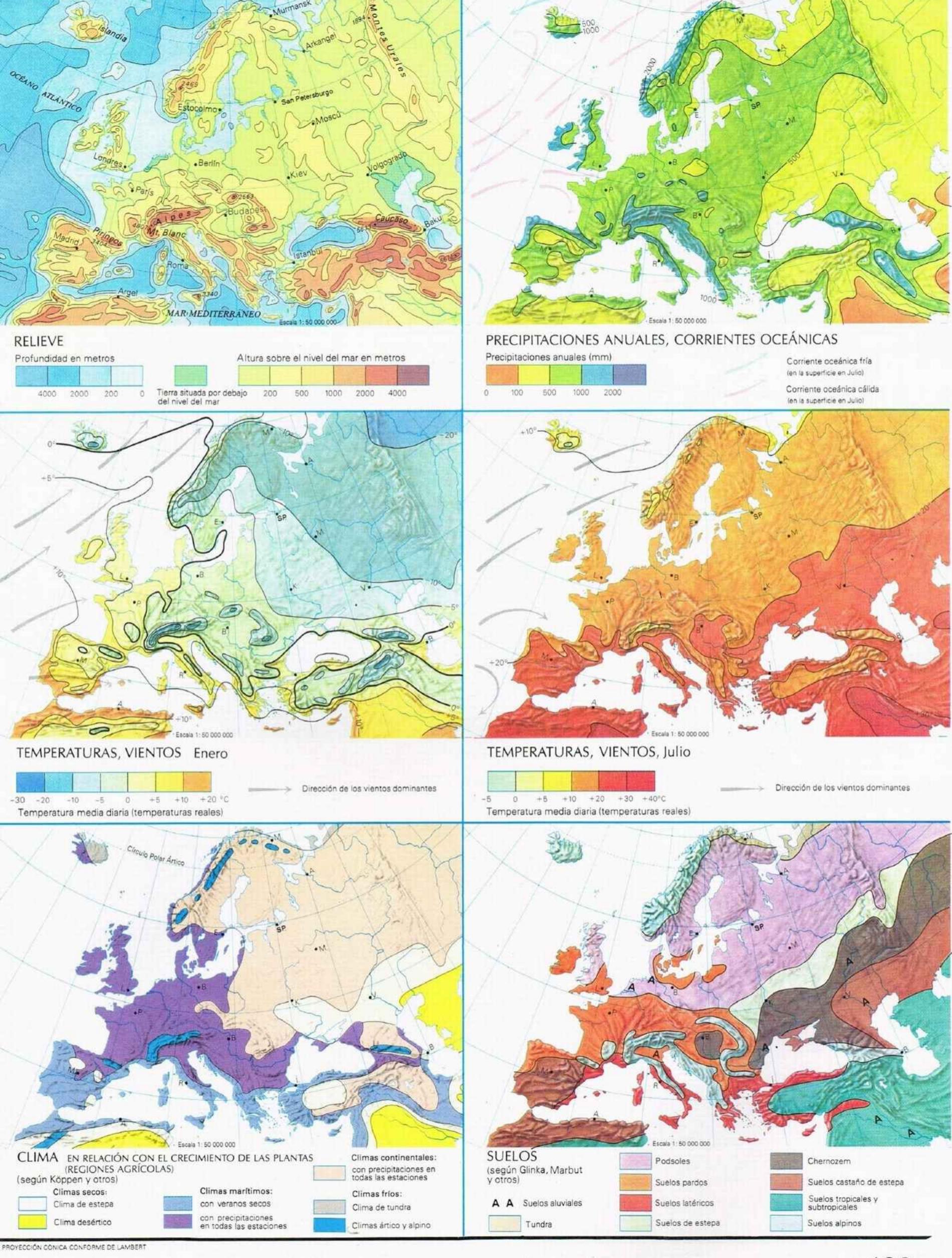
100

Escala 1:10.000.000





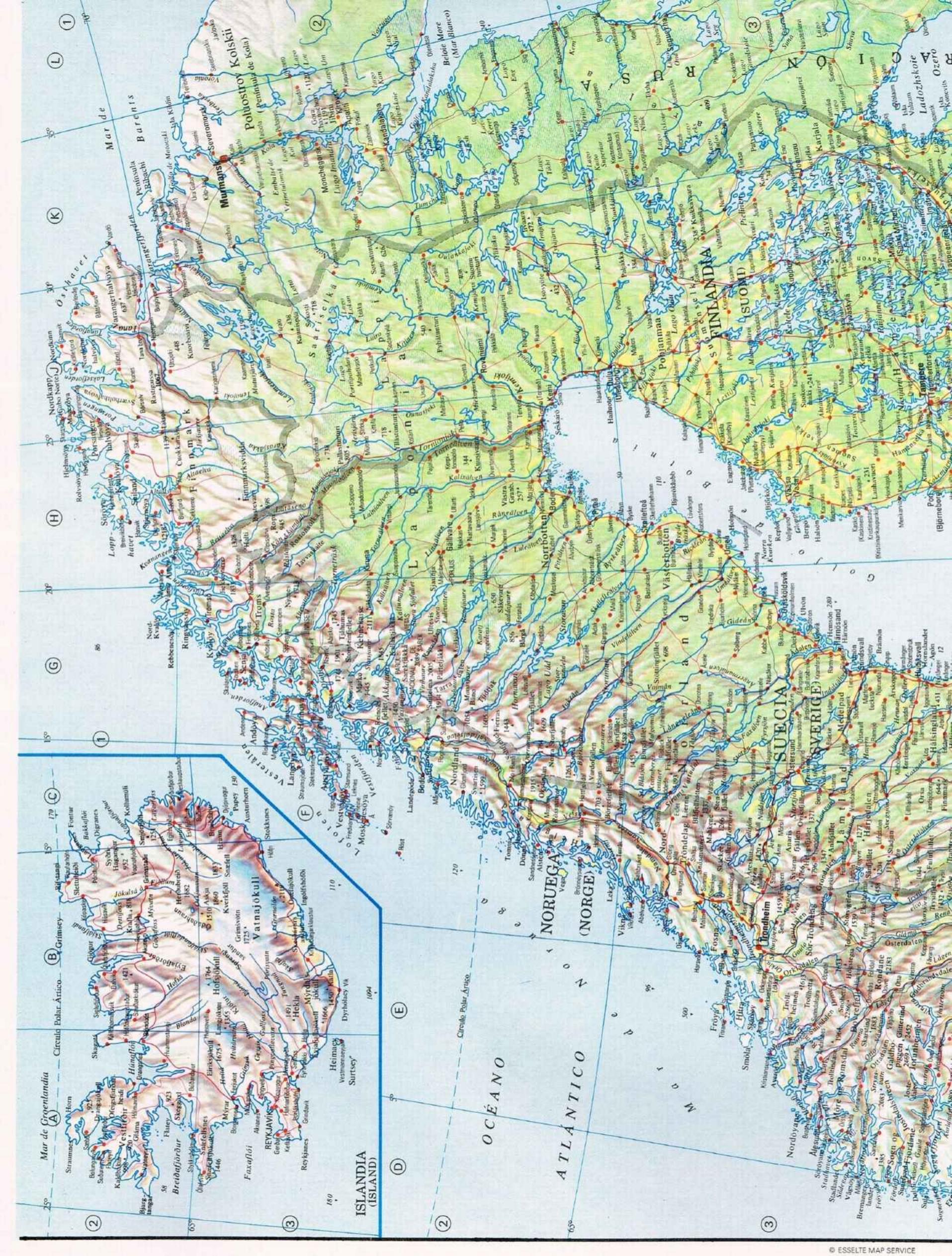


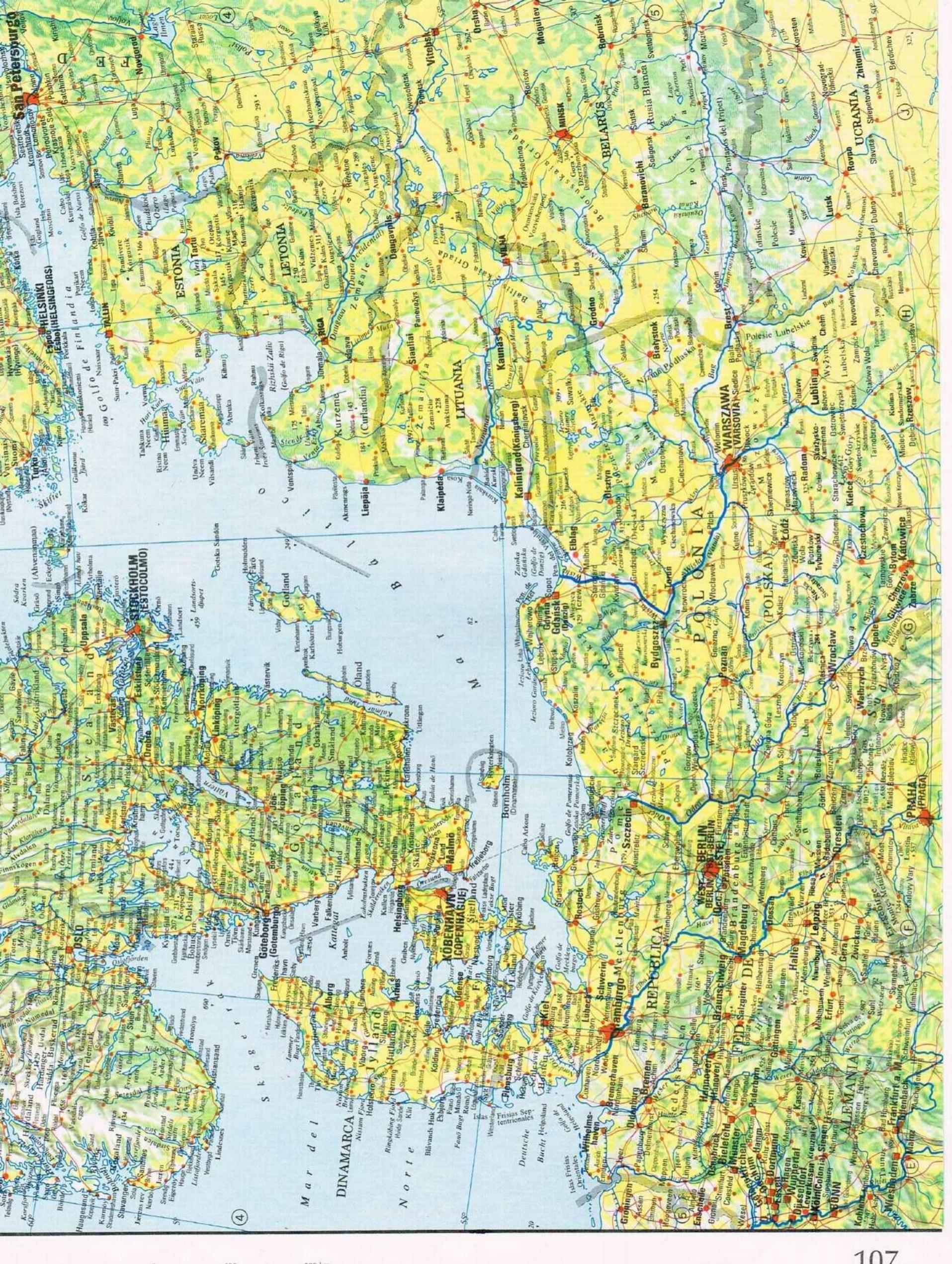






Escala 1 : 5.000.000 0 100 200 km



















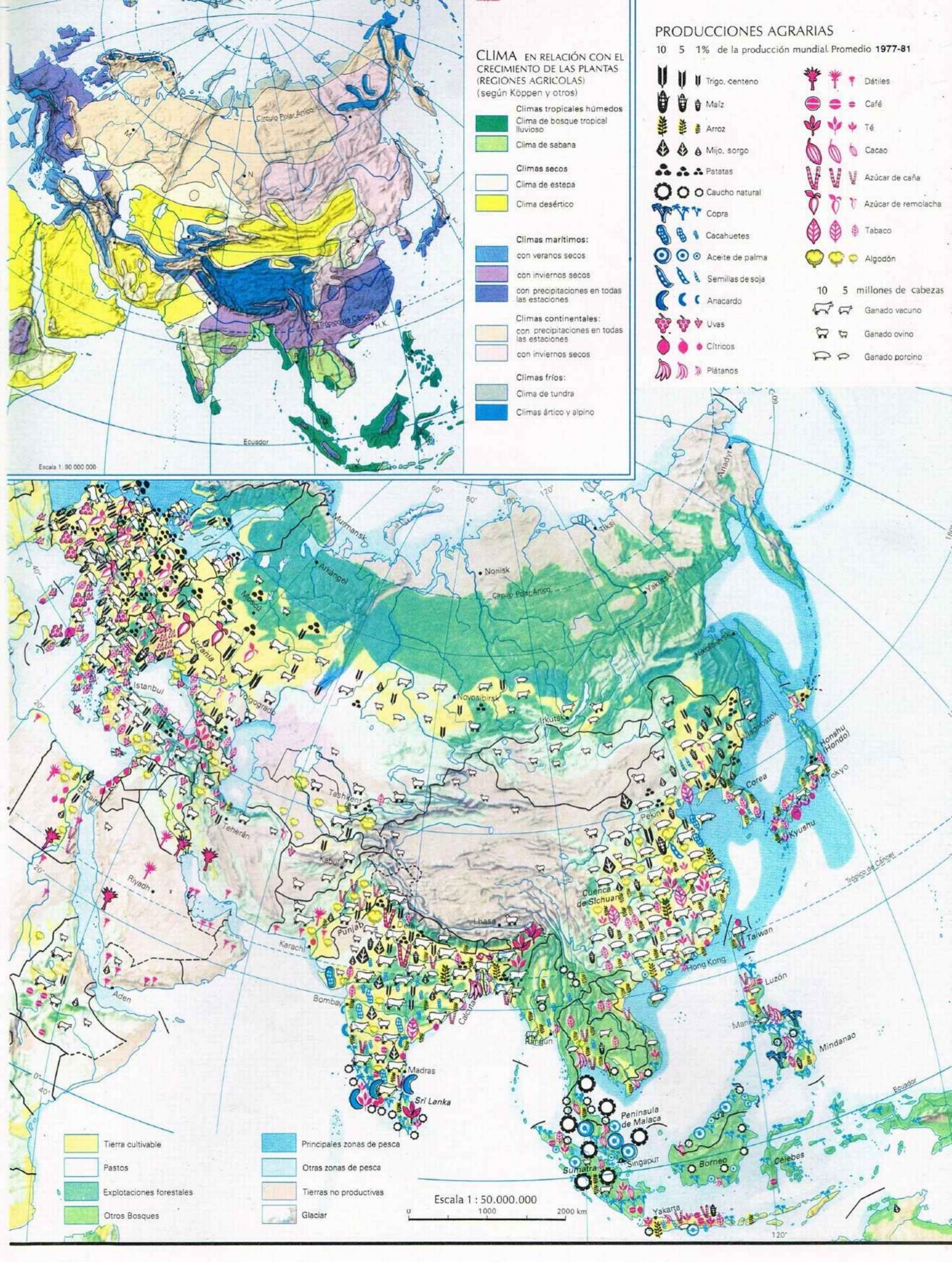


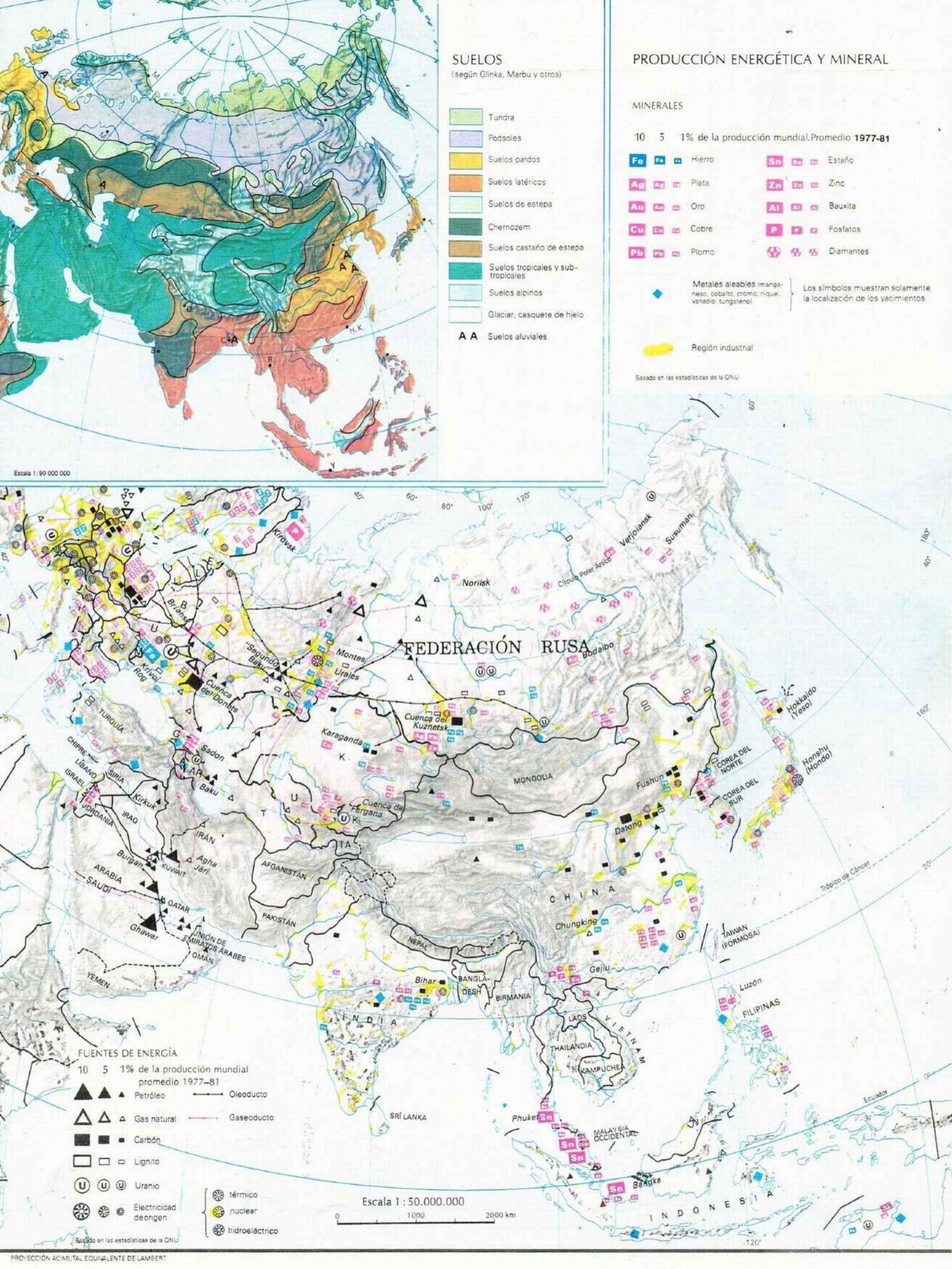


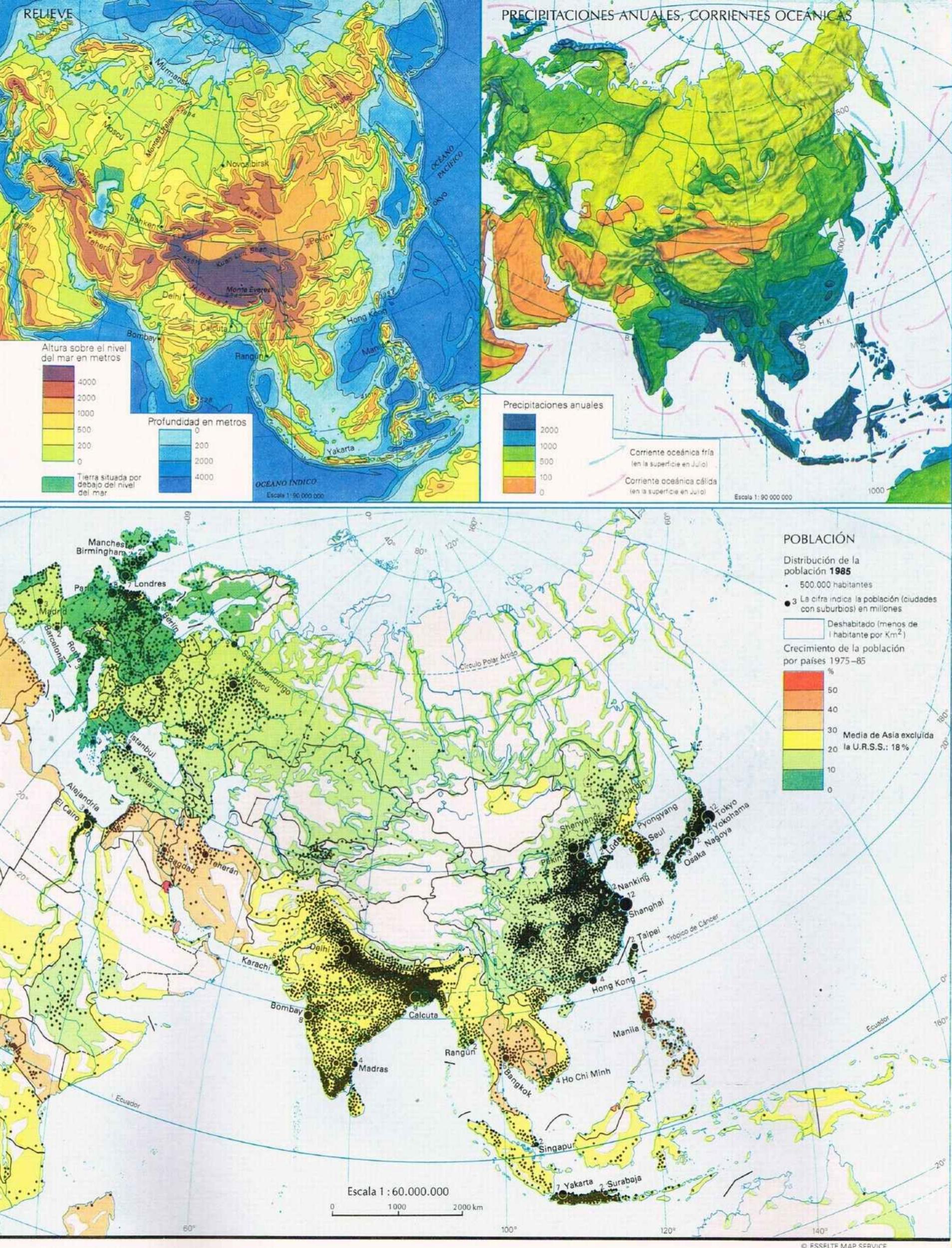




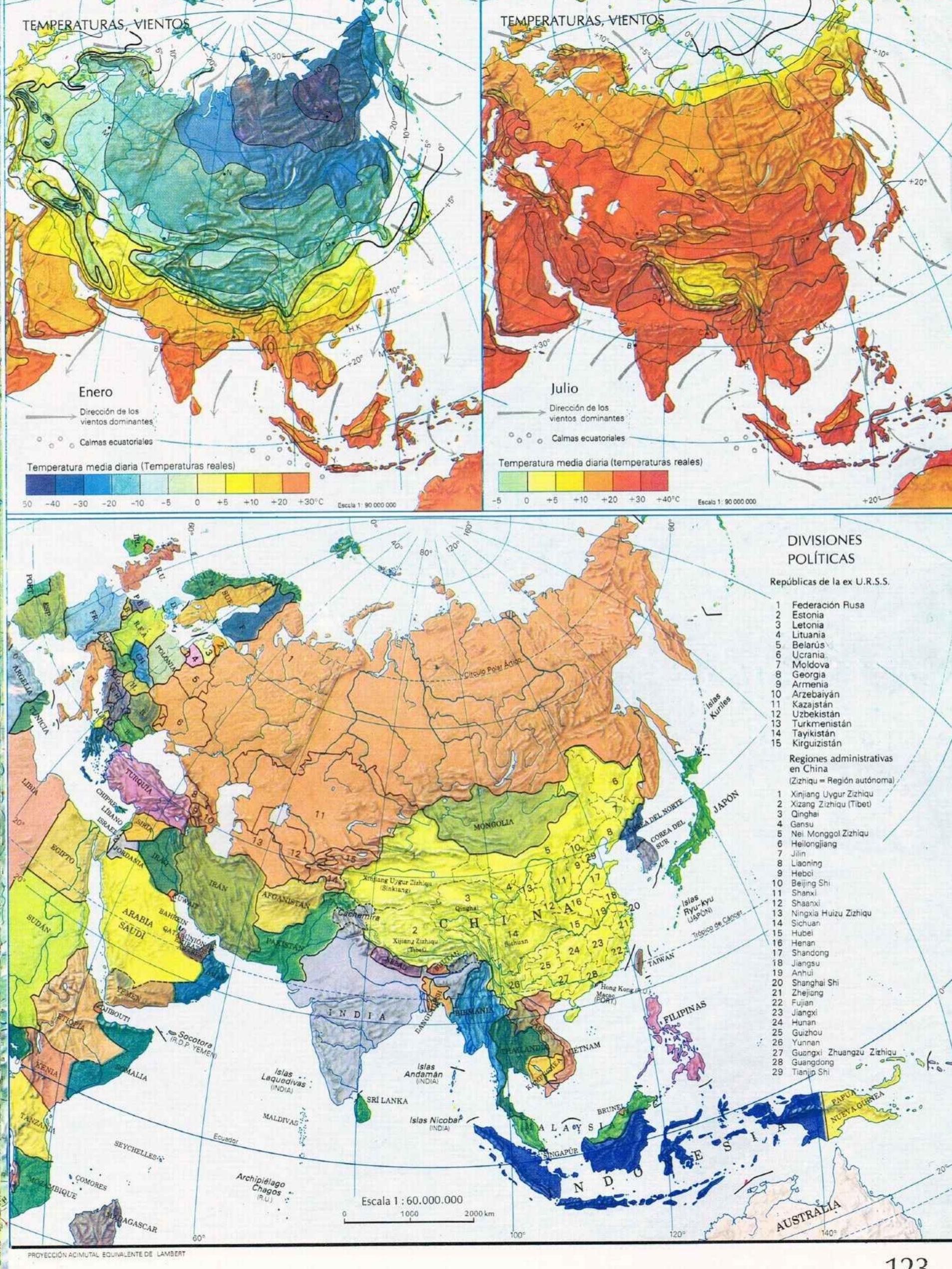






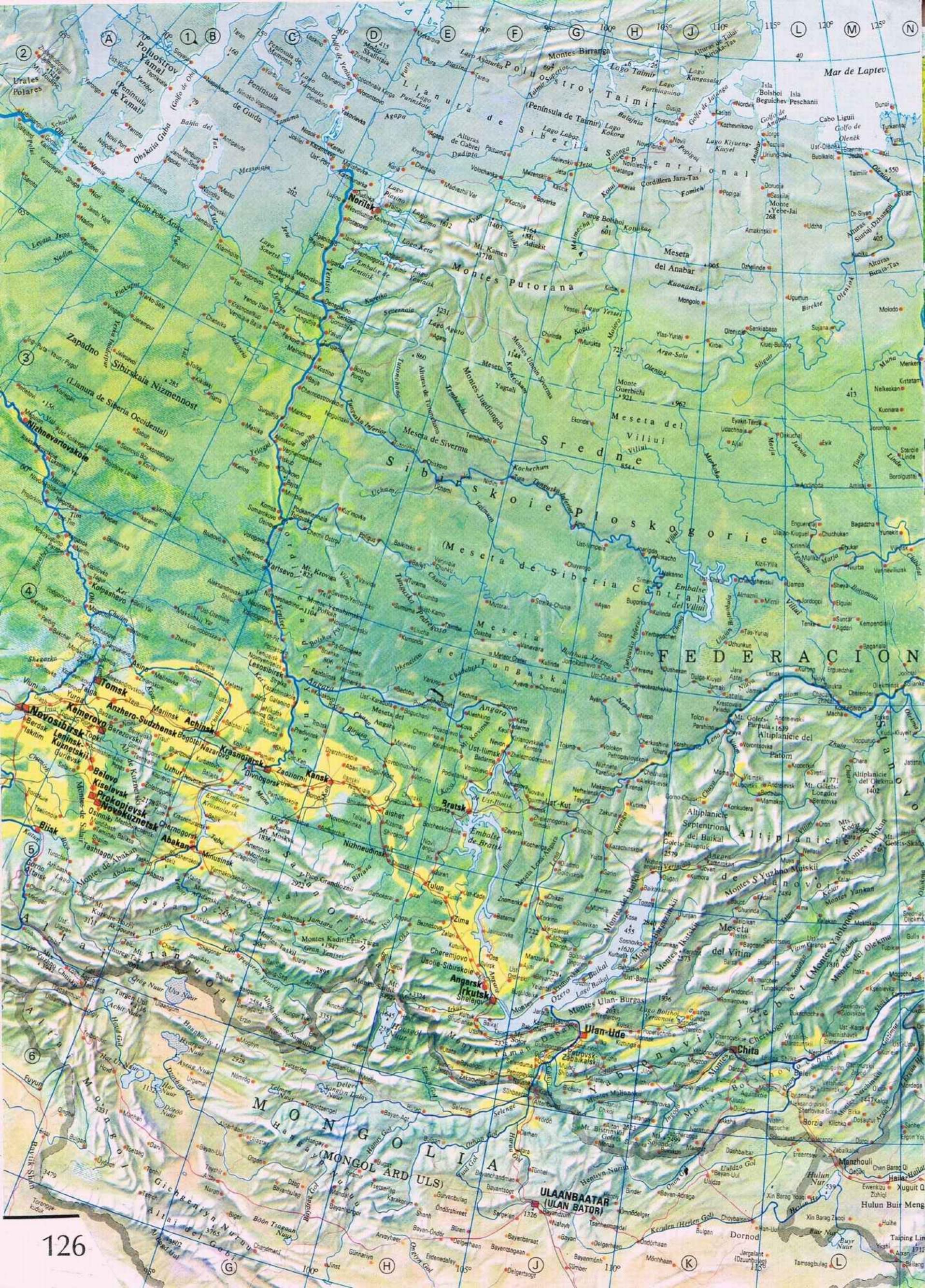


122













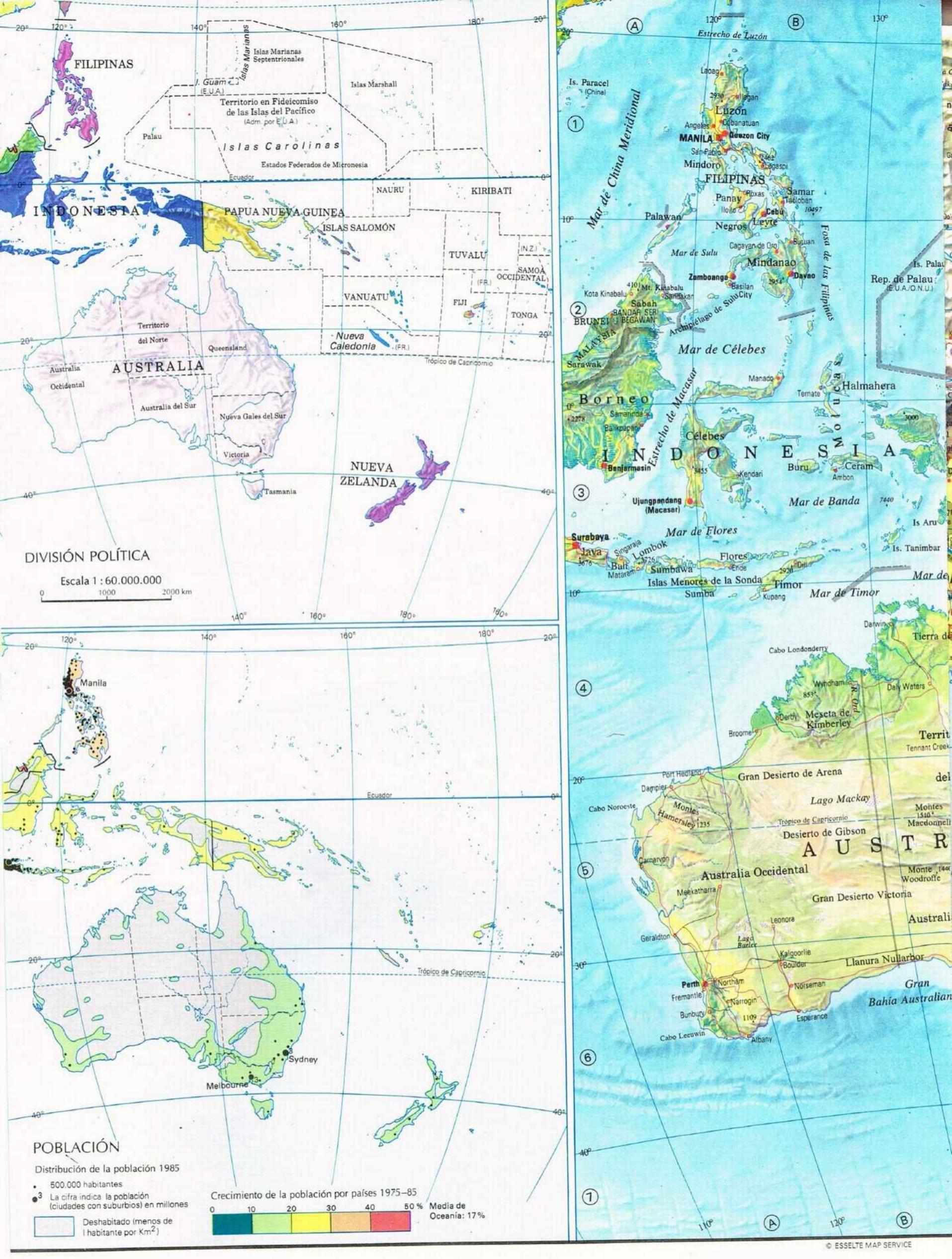






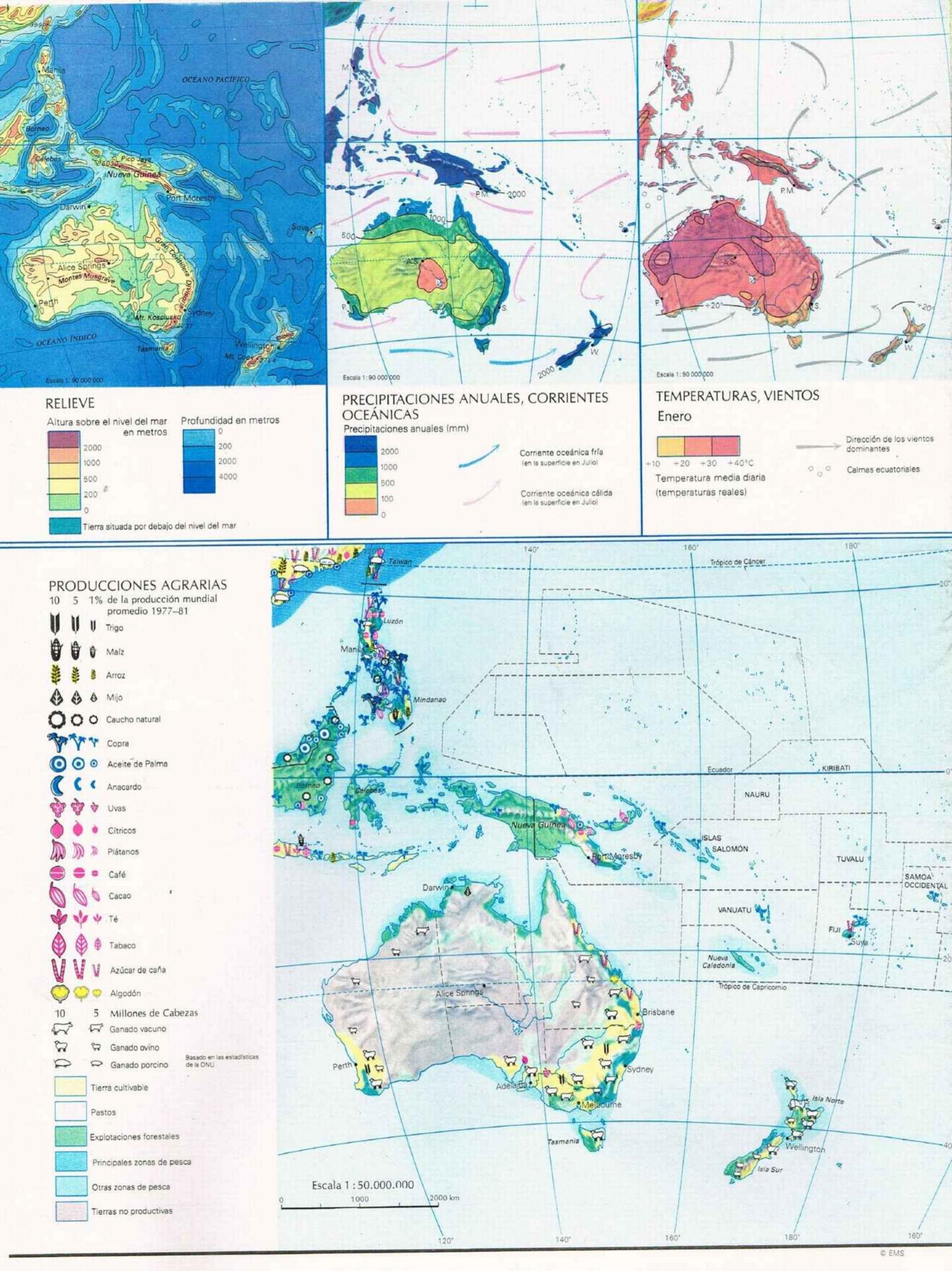


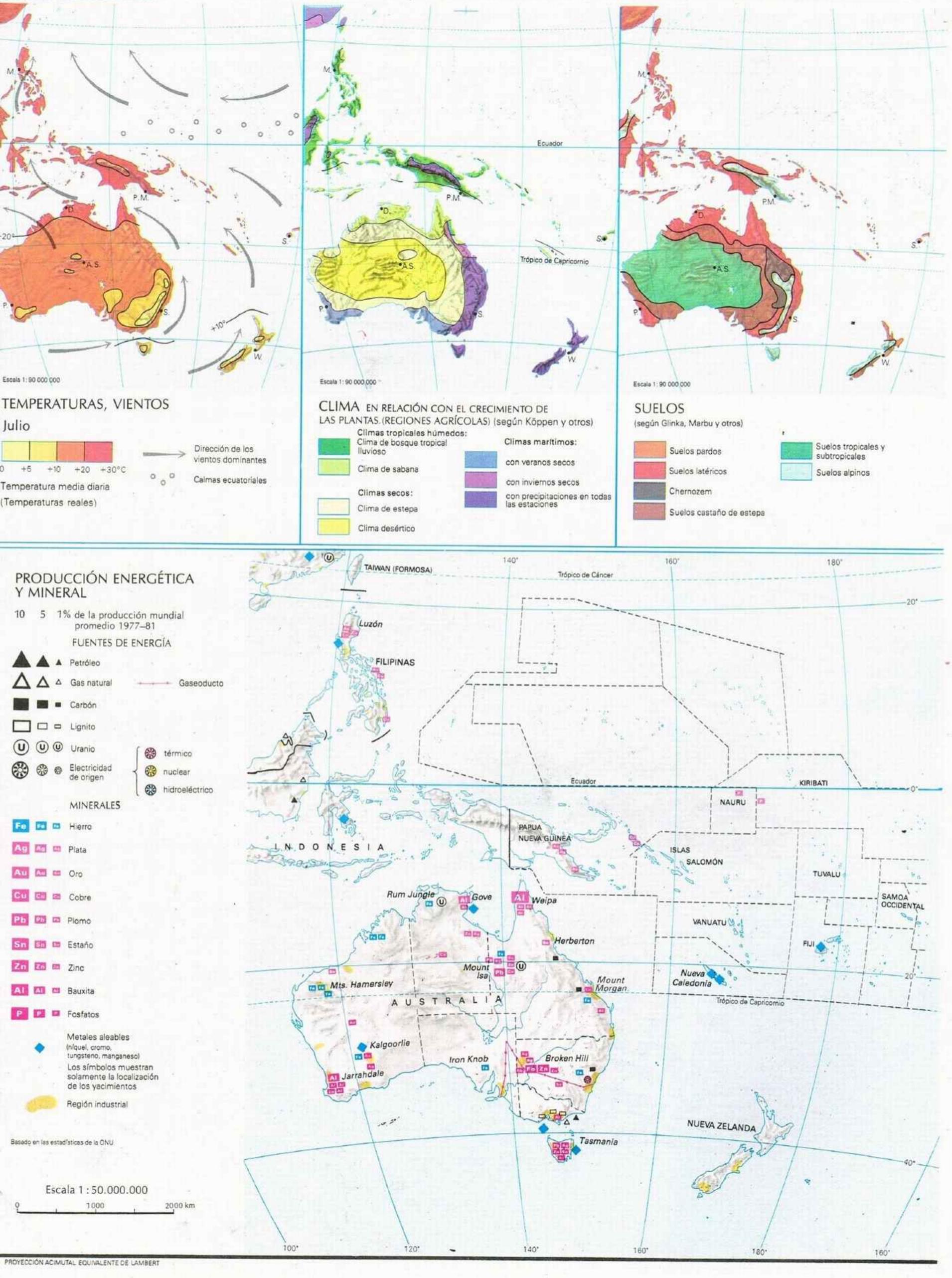




134 OCEANÍA, medio geográfico, división política, población



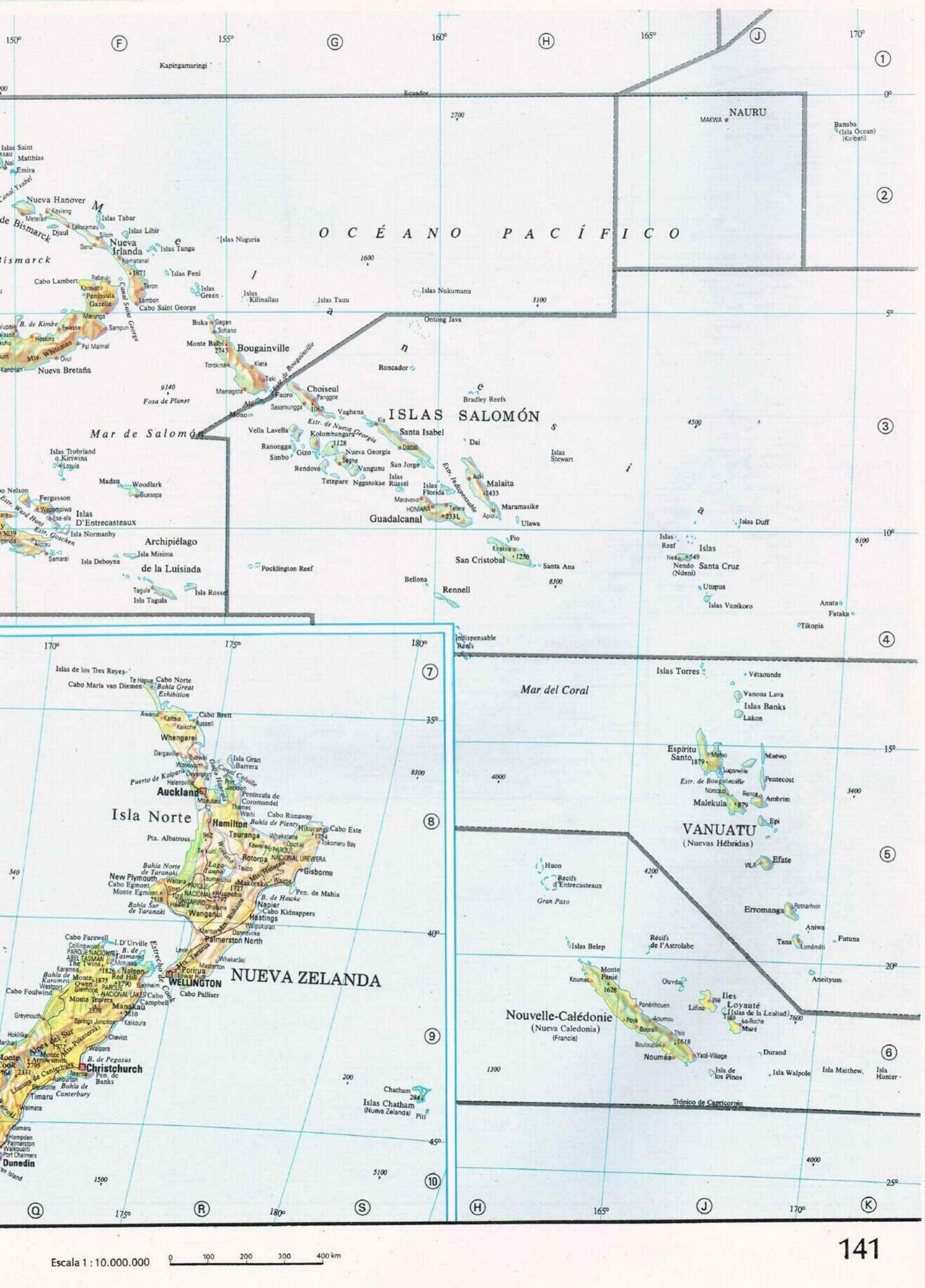


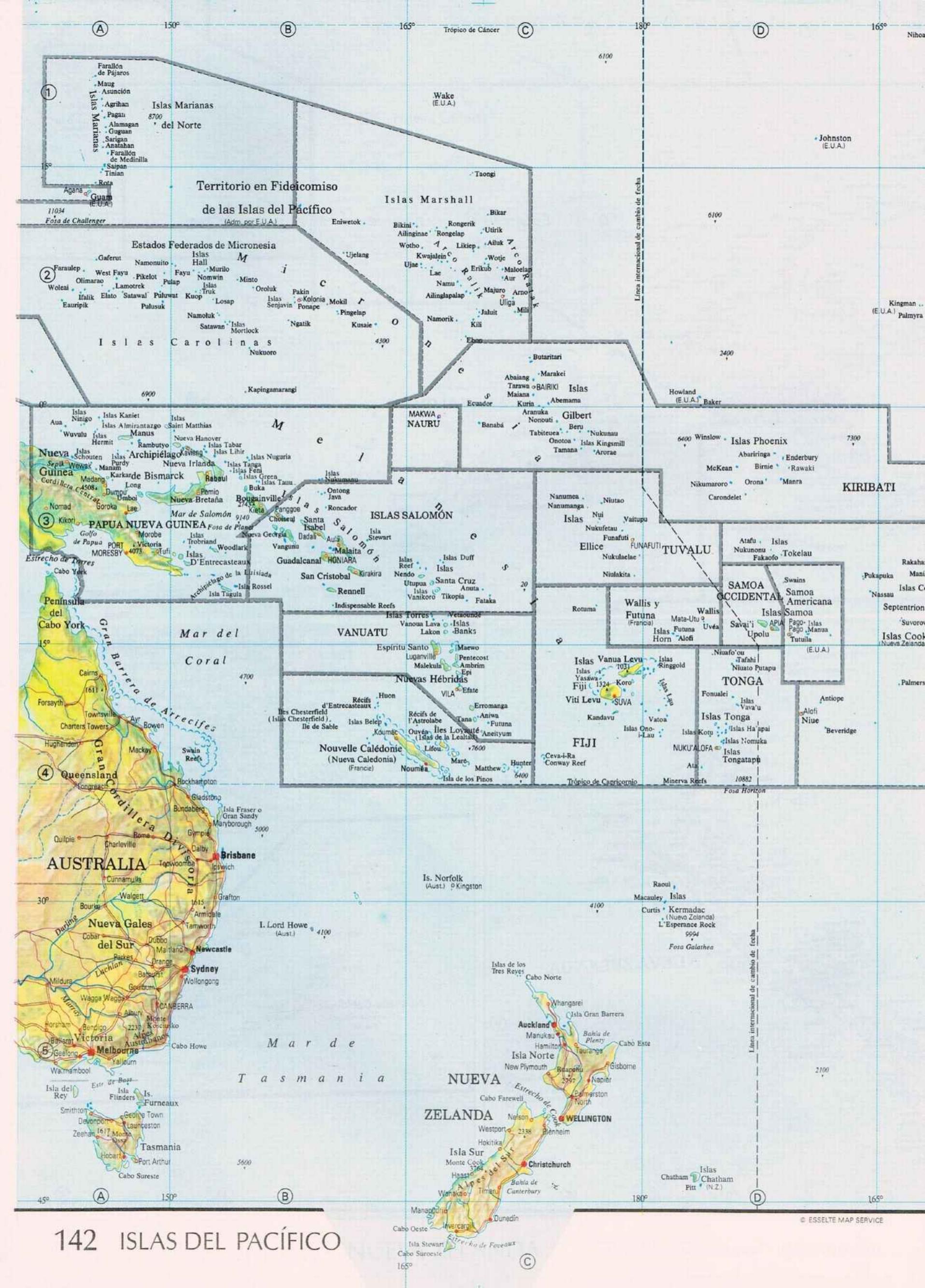


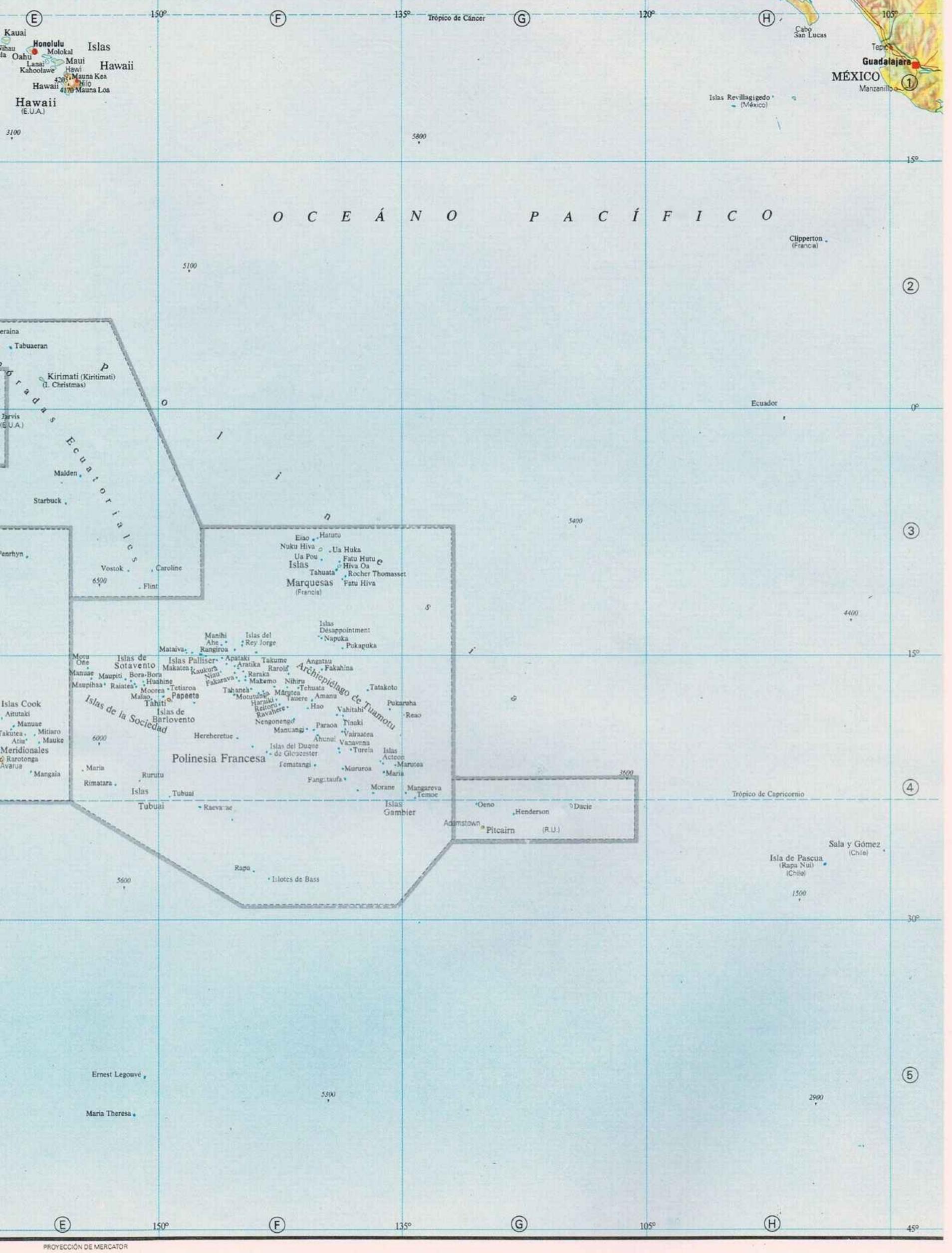




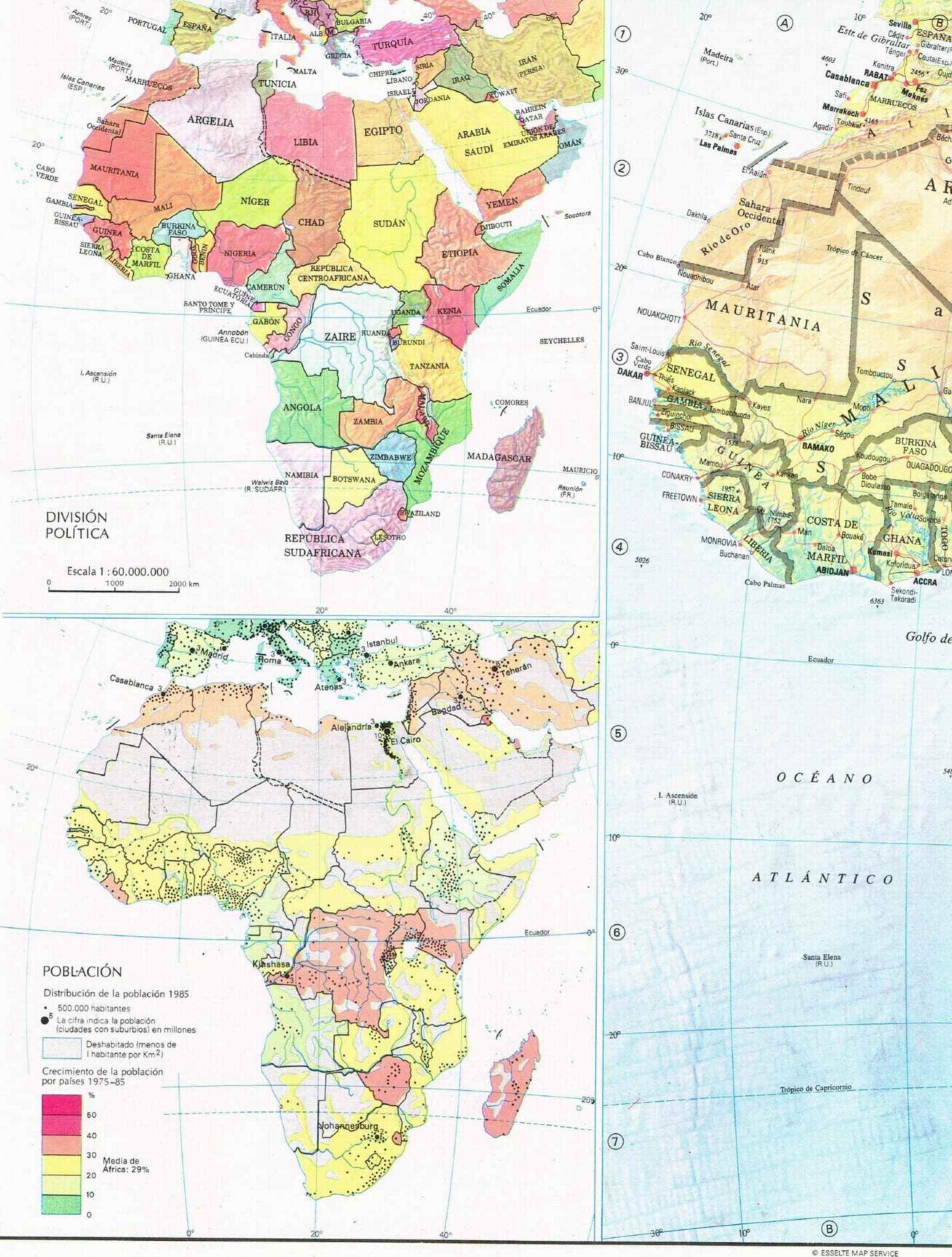




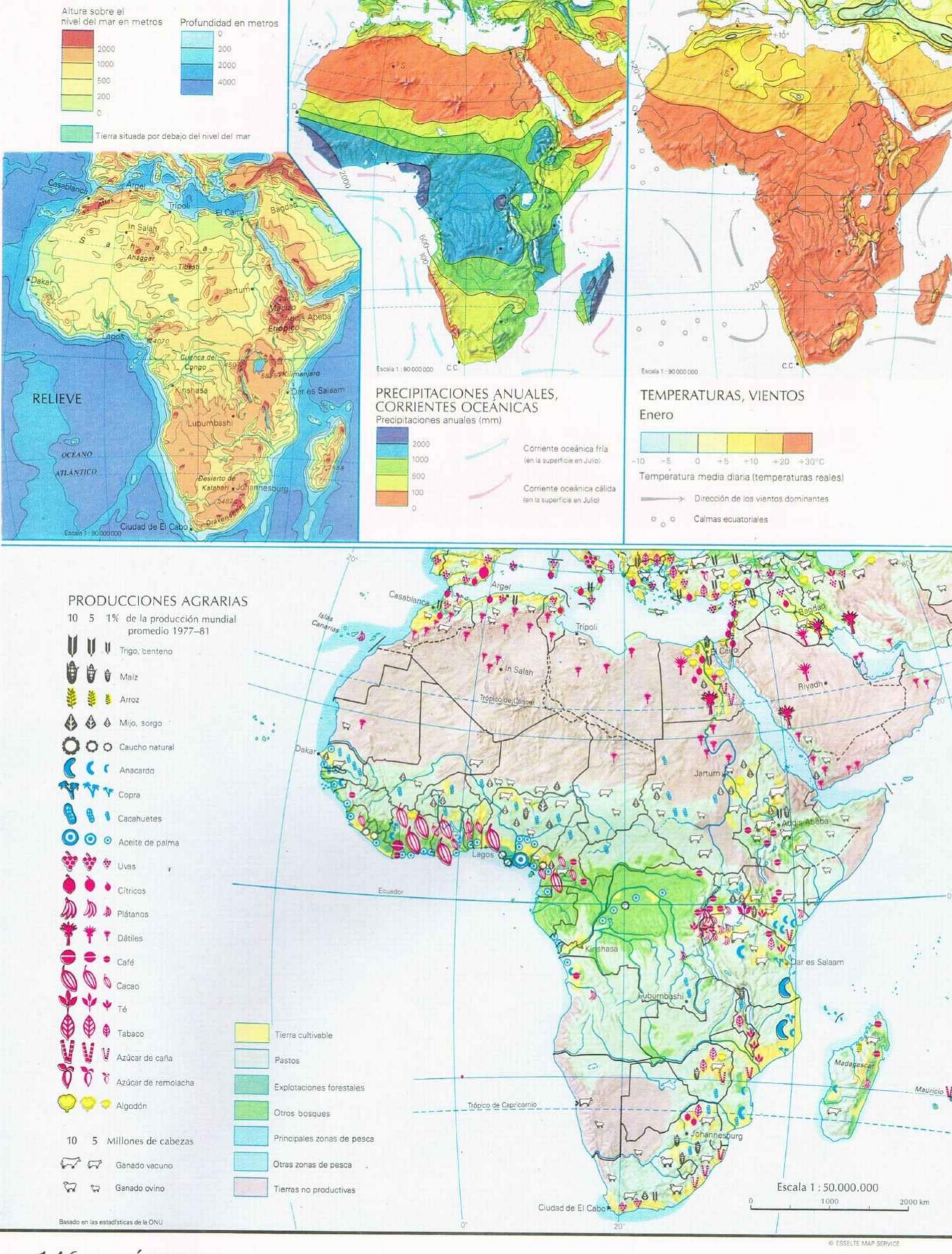


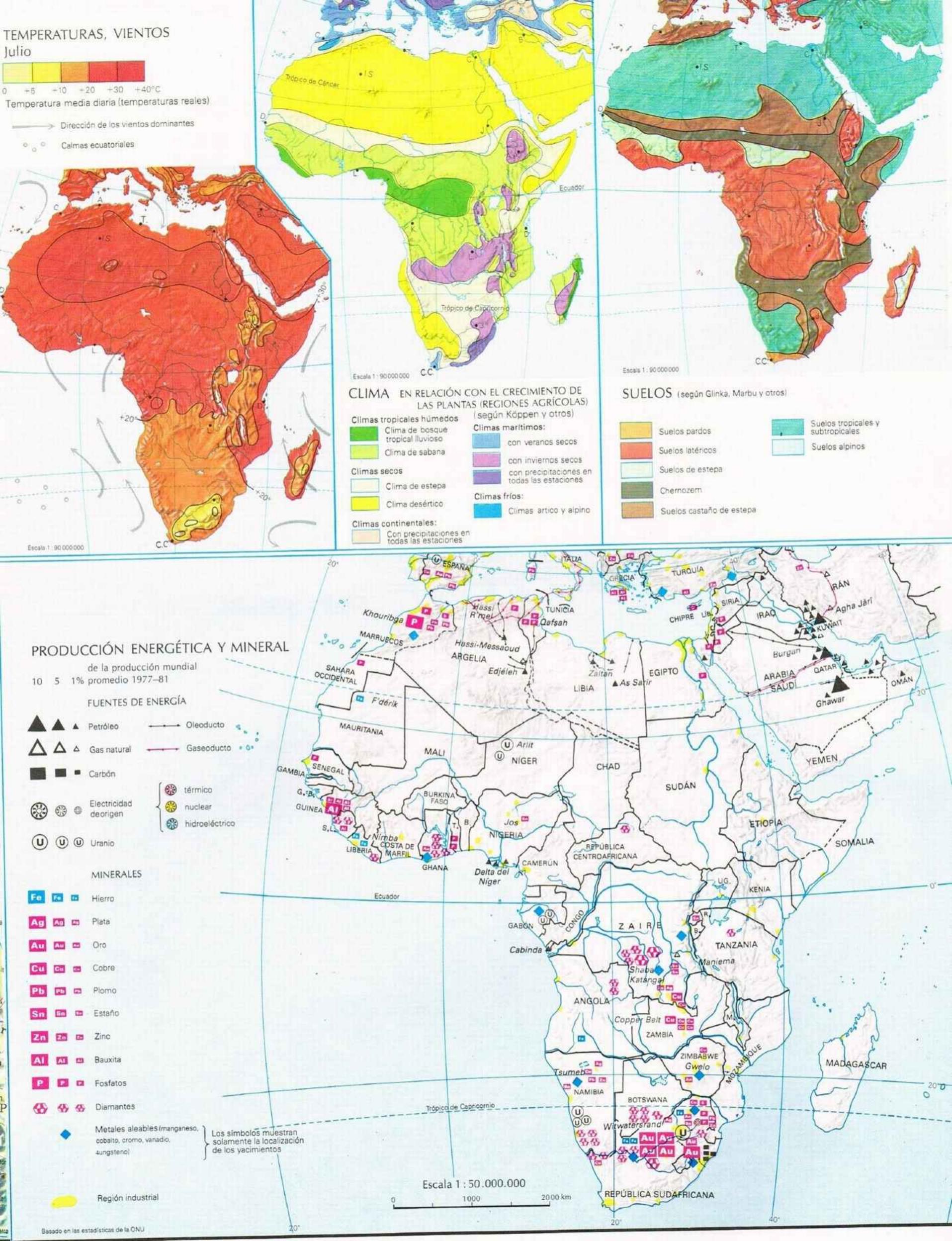


Escala 1:27.000.000 0 500 1000 km











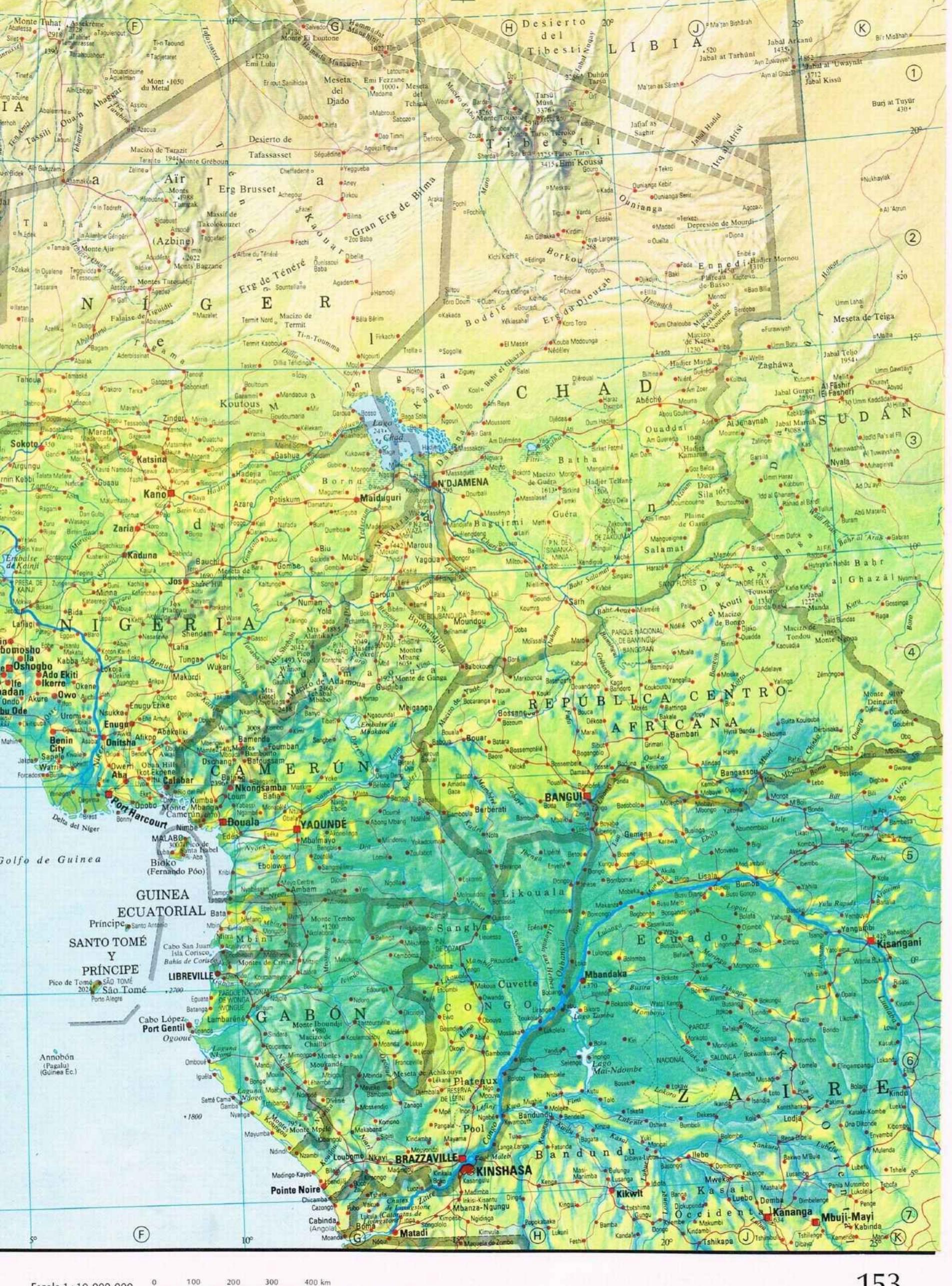


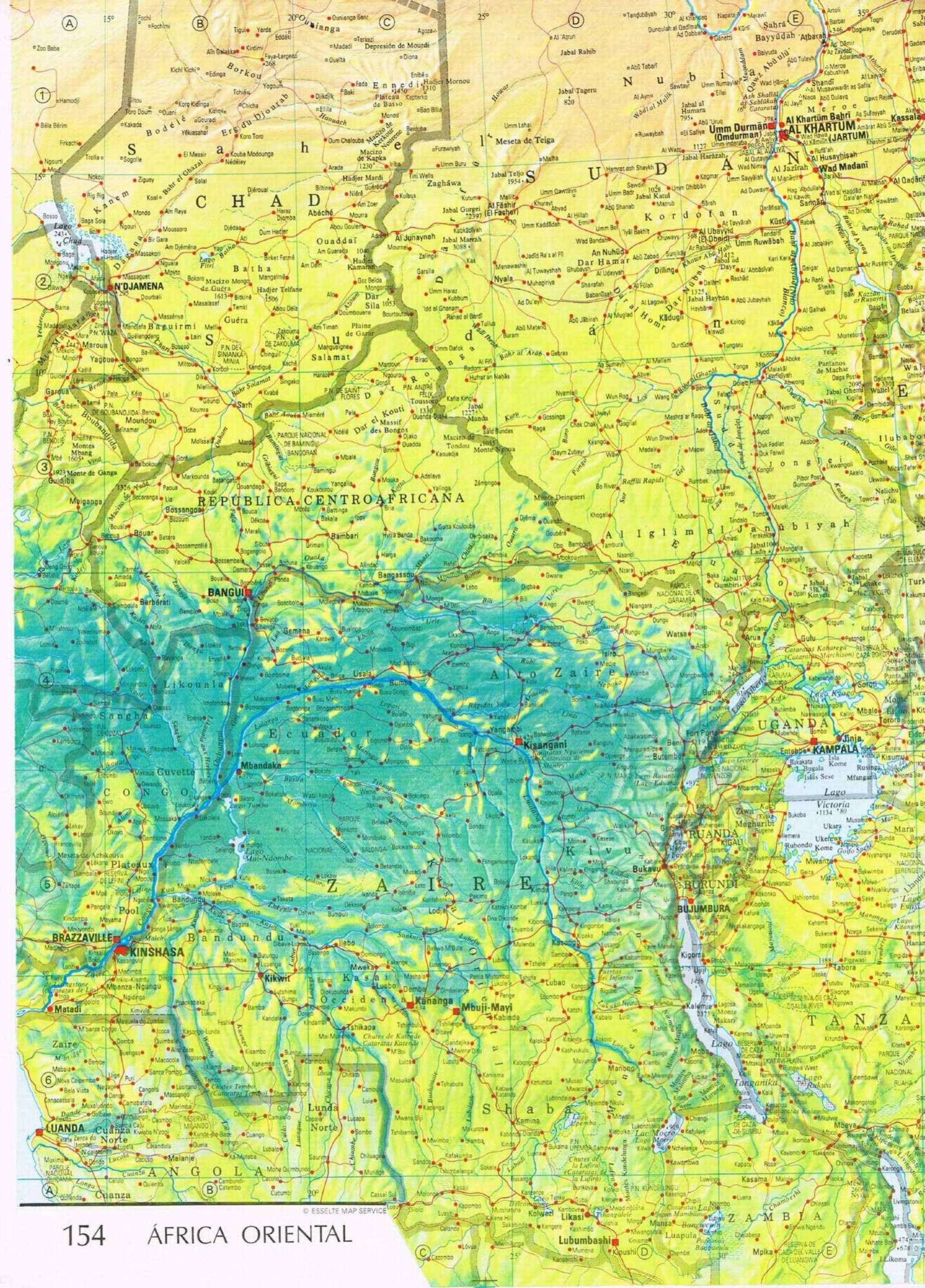




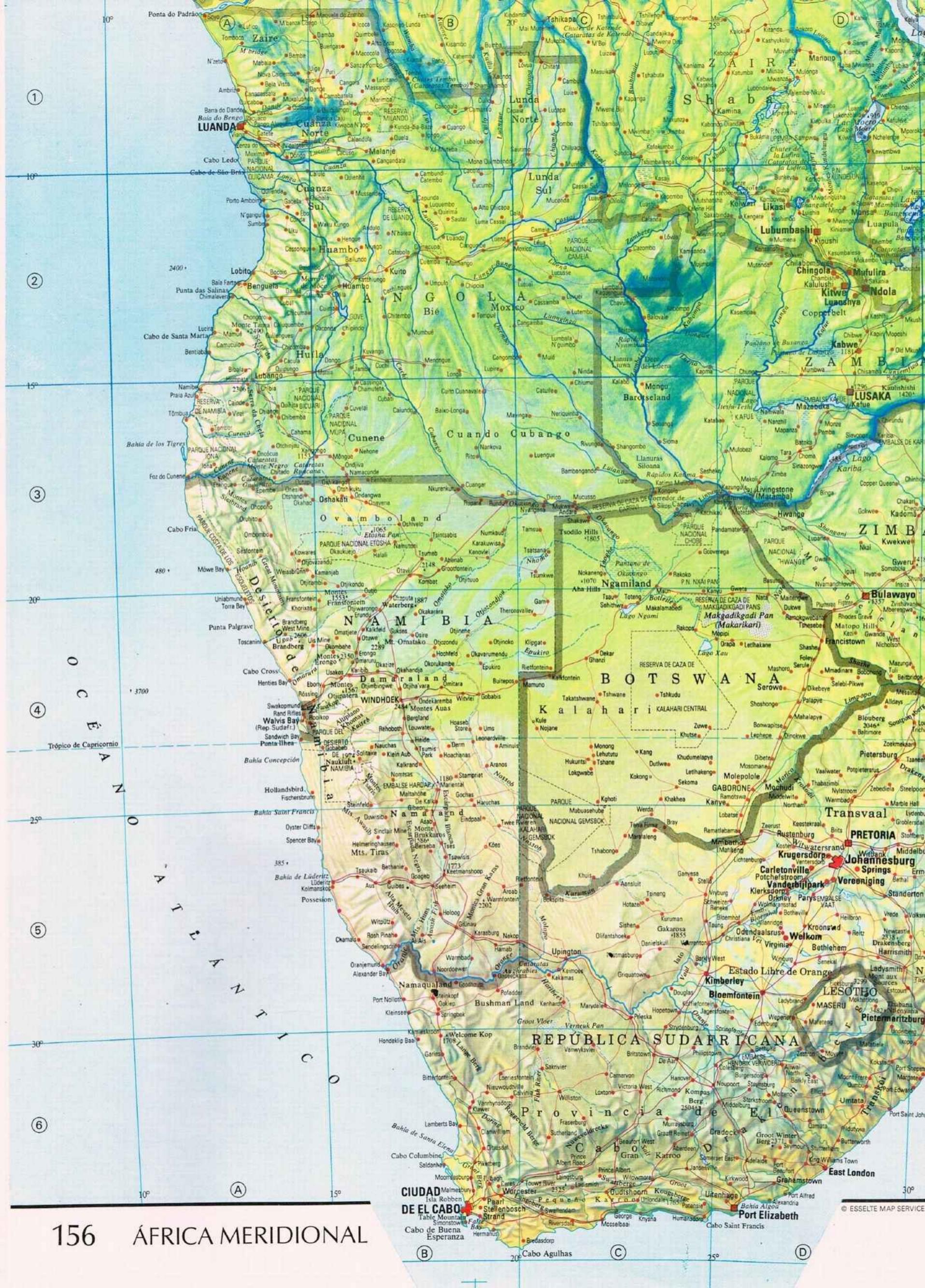


152 ÁFRICA OCCIDENTAL

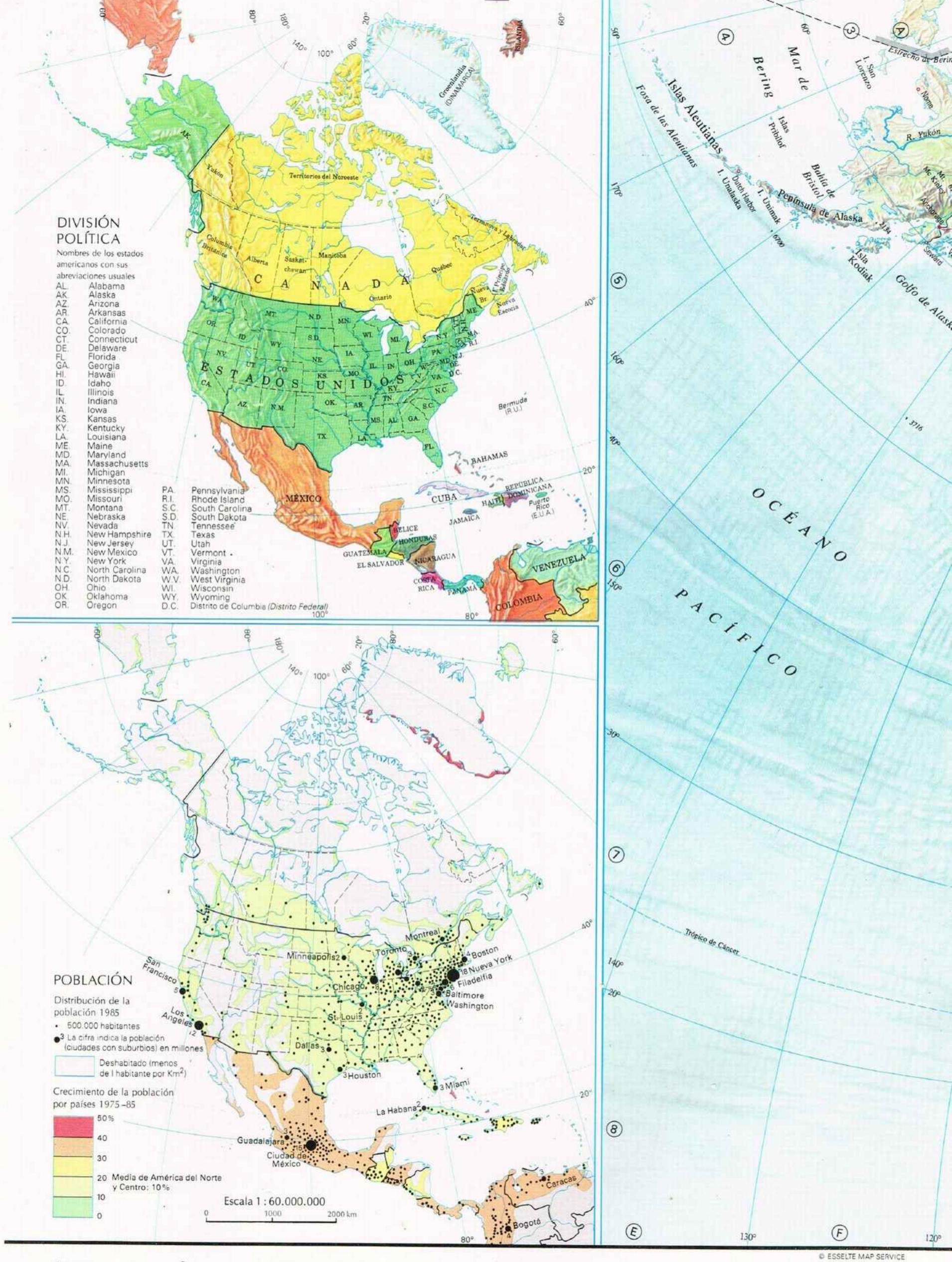




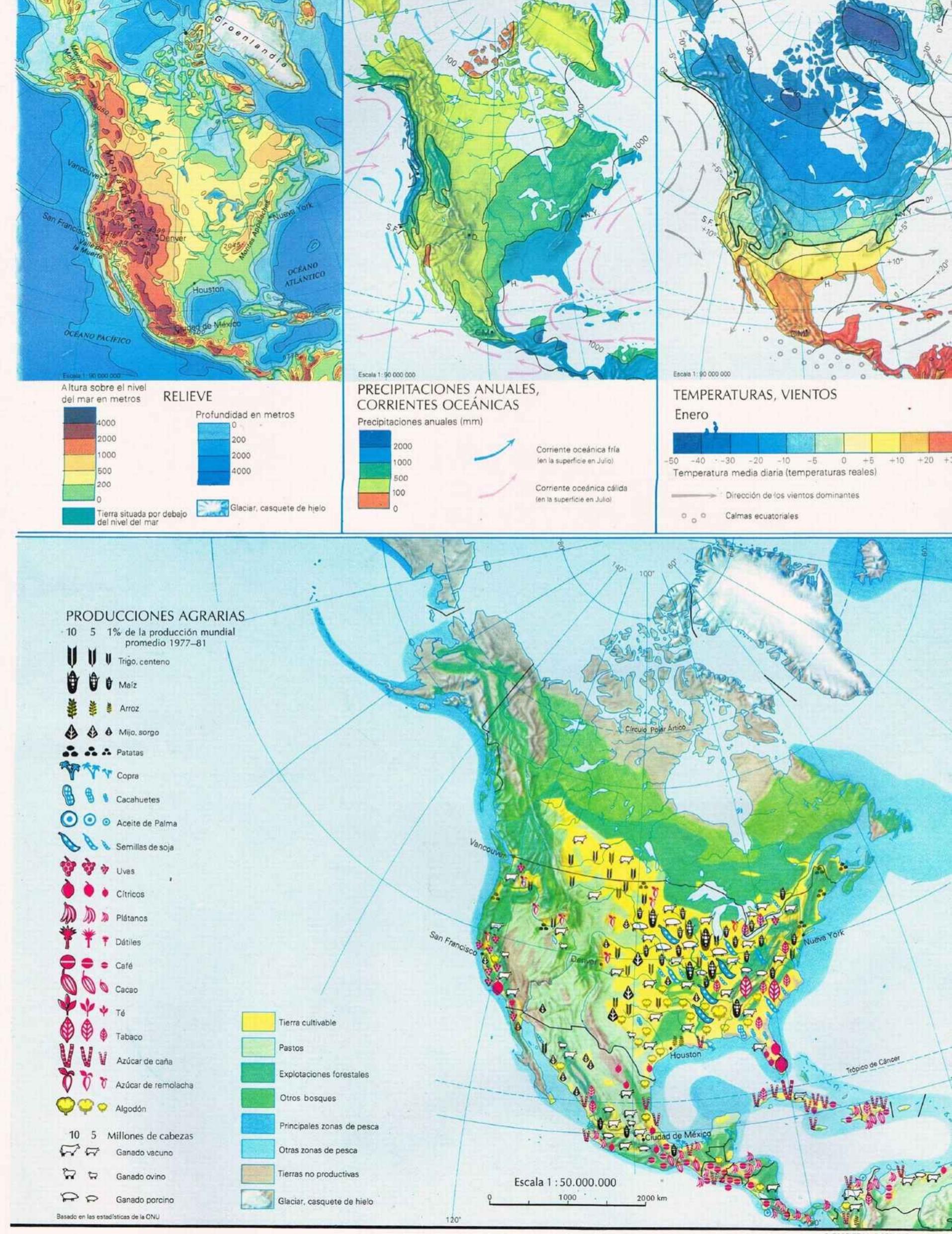


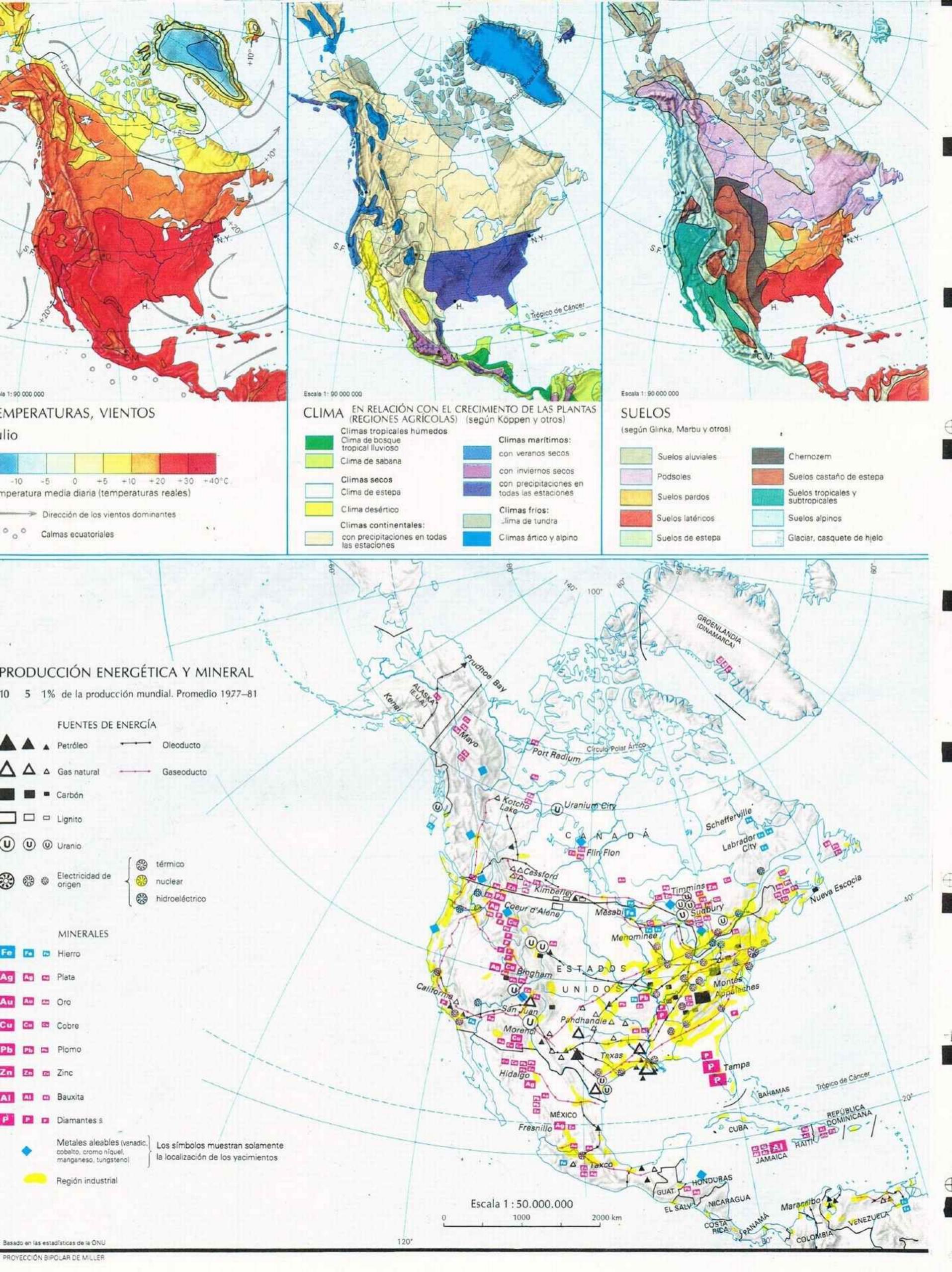


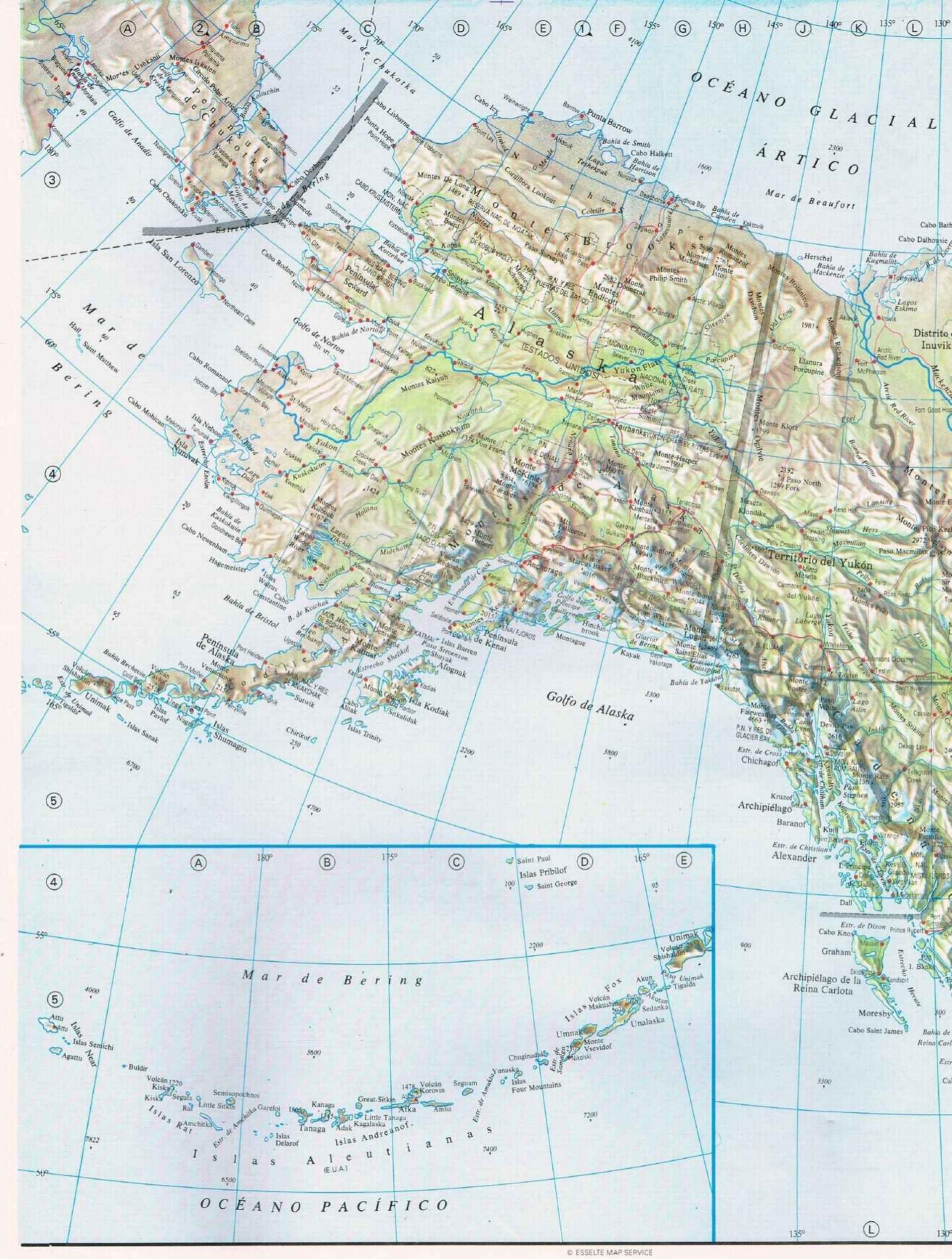




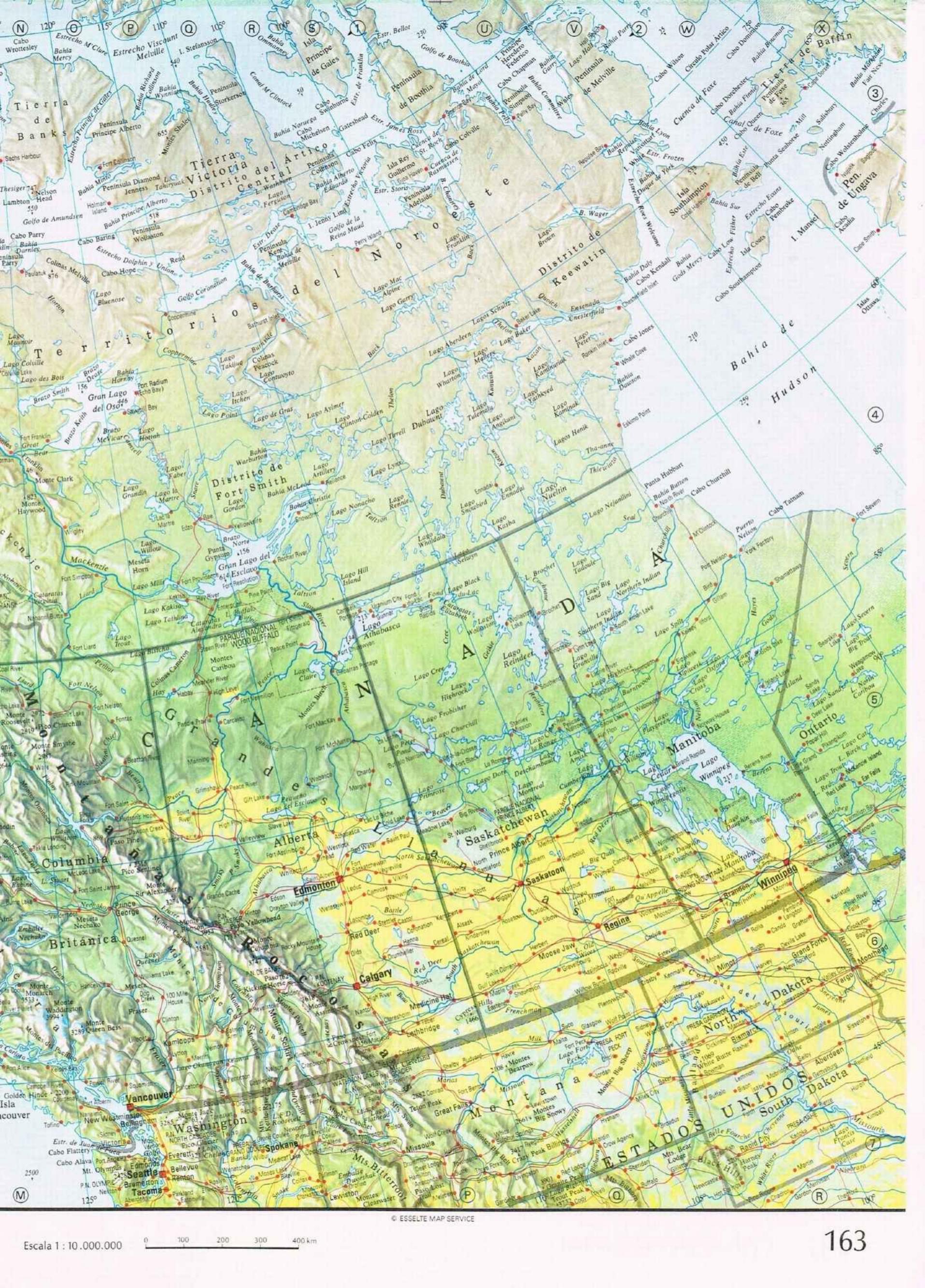


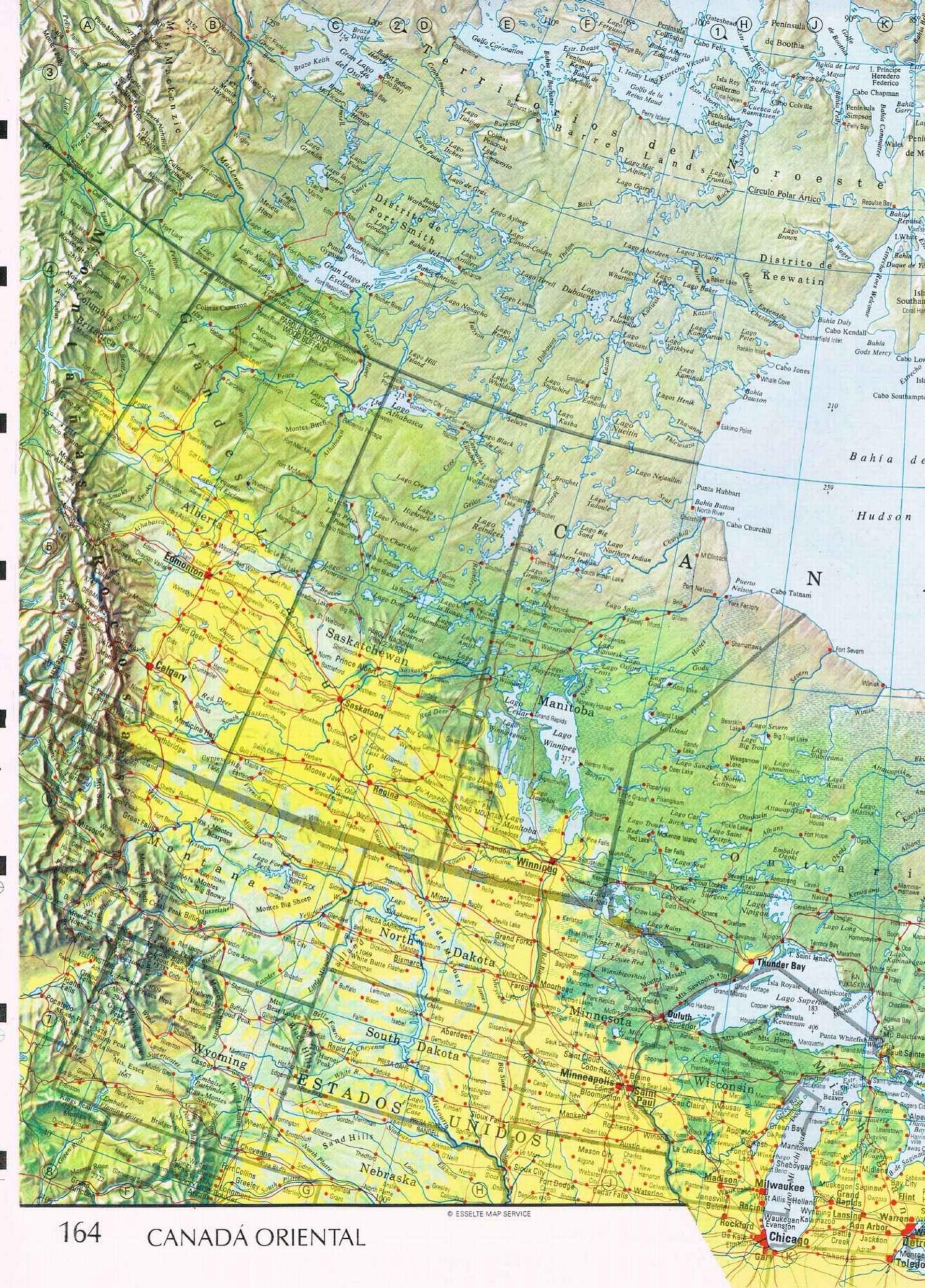




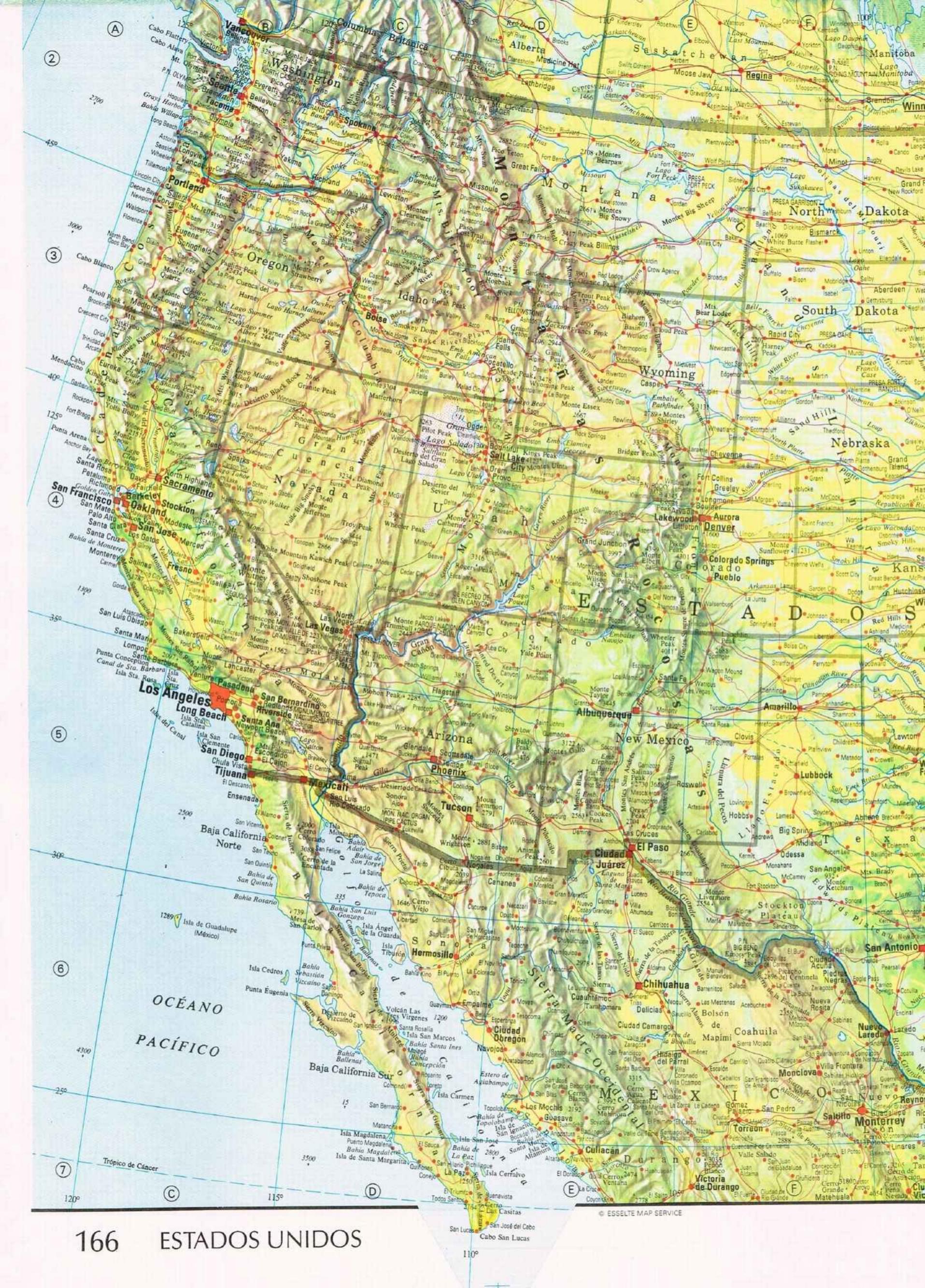


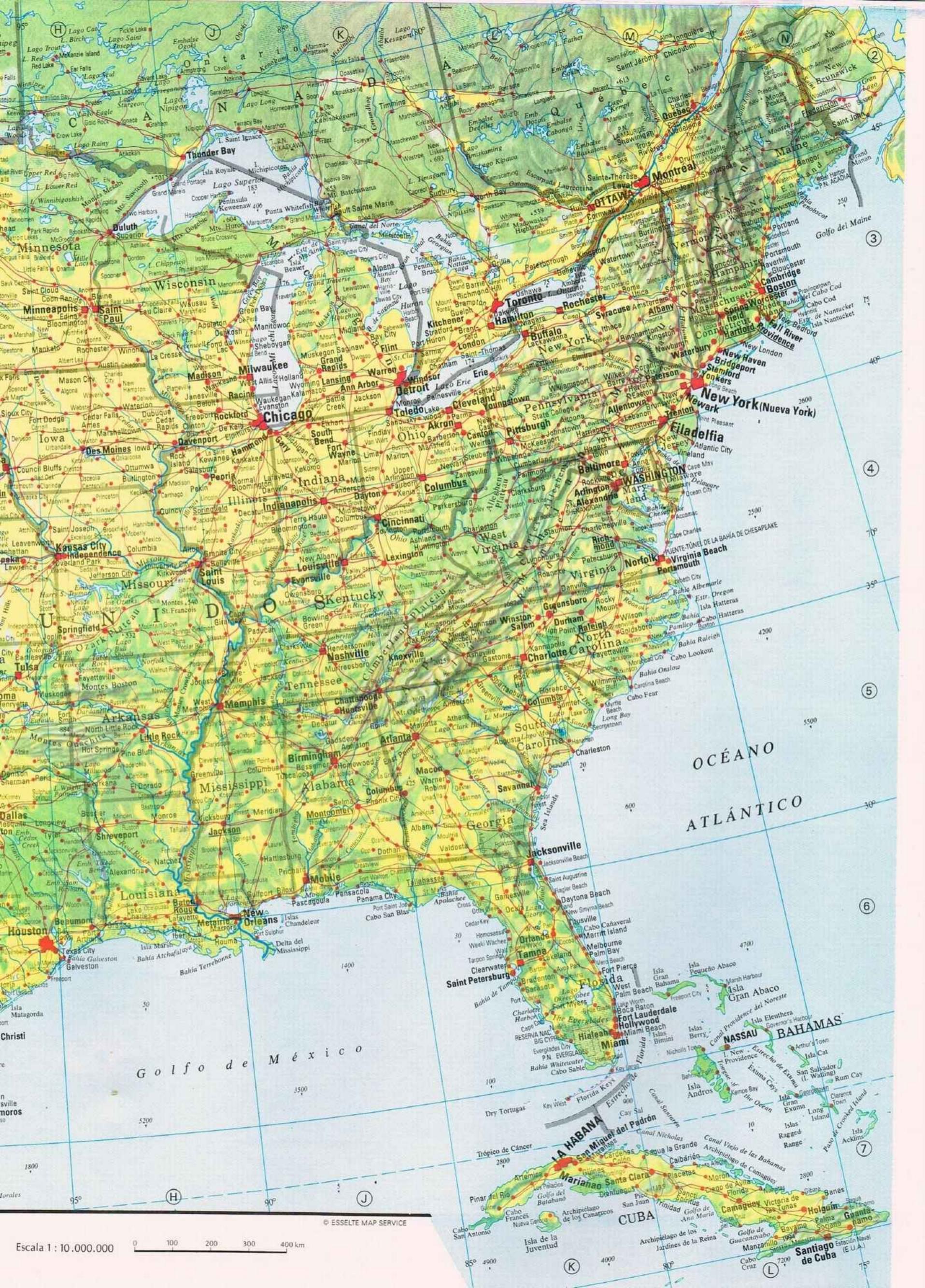
162 ALASKA Y CANADÁ OCCIDENTAL













168 AMÉRICA CENTRAL Y ANTILLAS



400 km

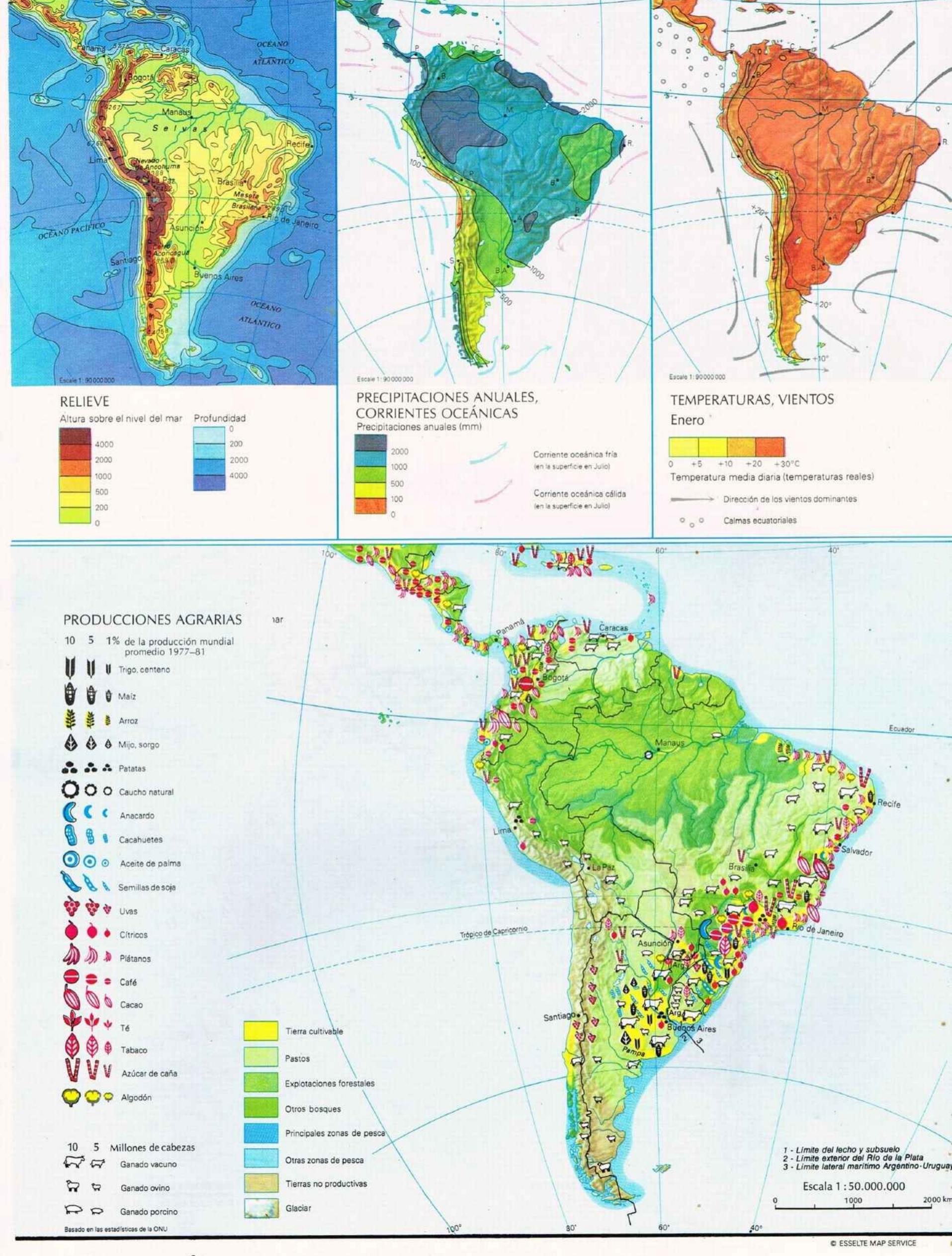
300

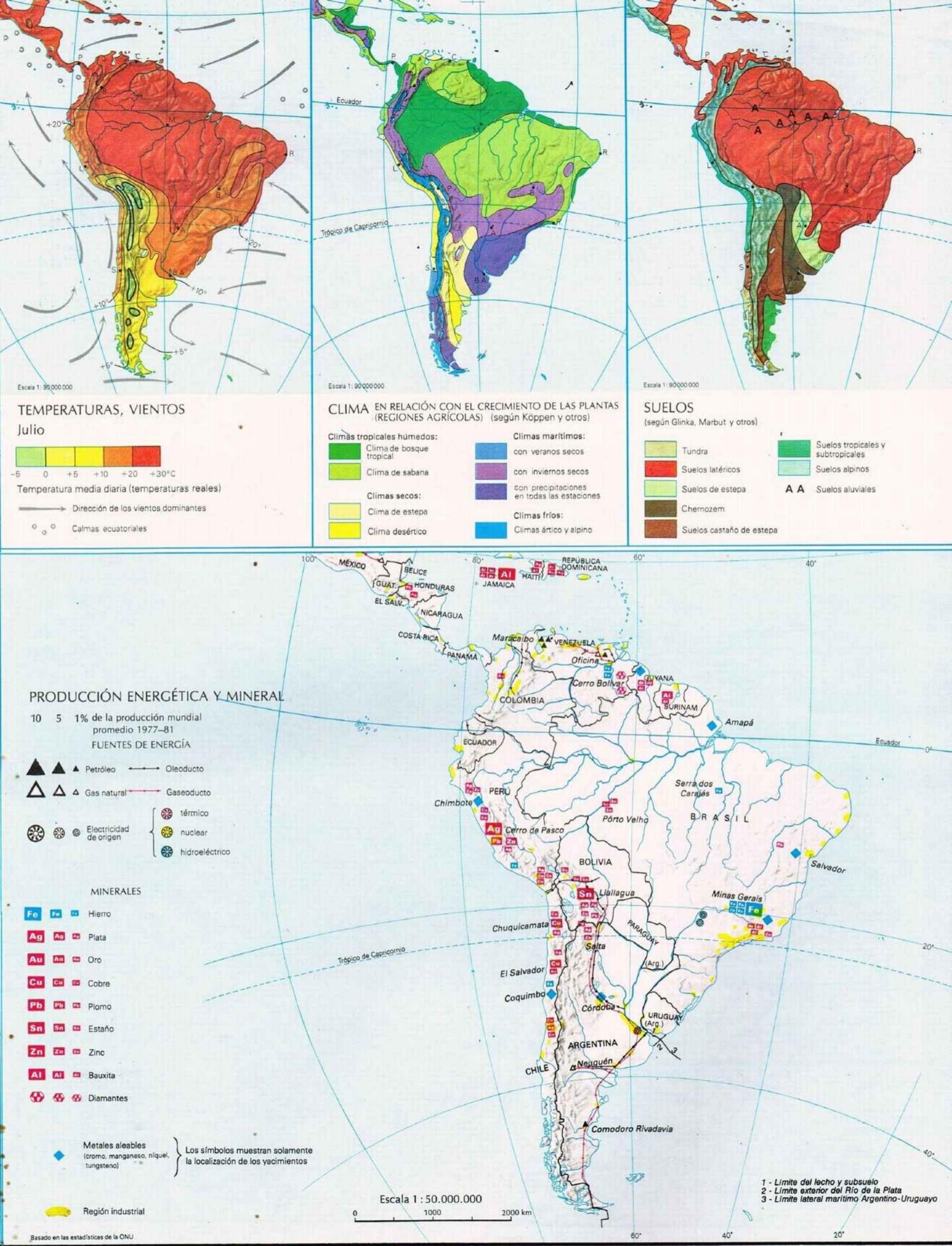
200

Escala 1:10.000.000









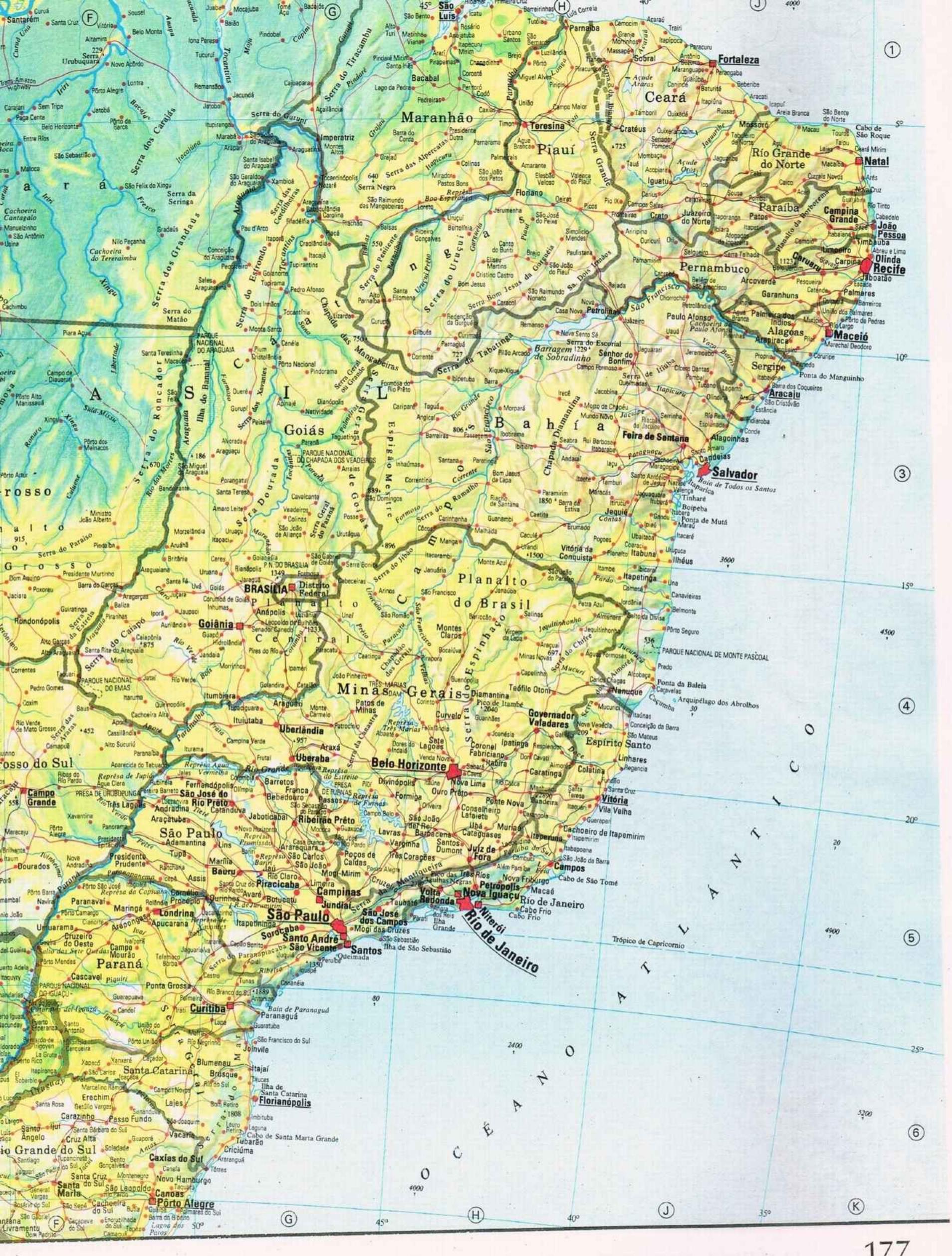


174 AMÉRICA DEL SUR, REGIÓN SEPTENTRIONAL

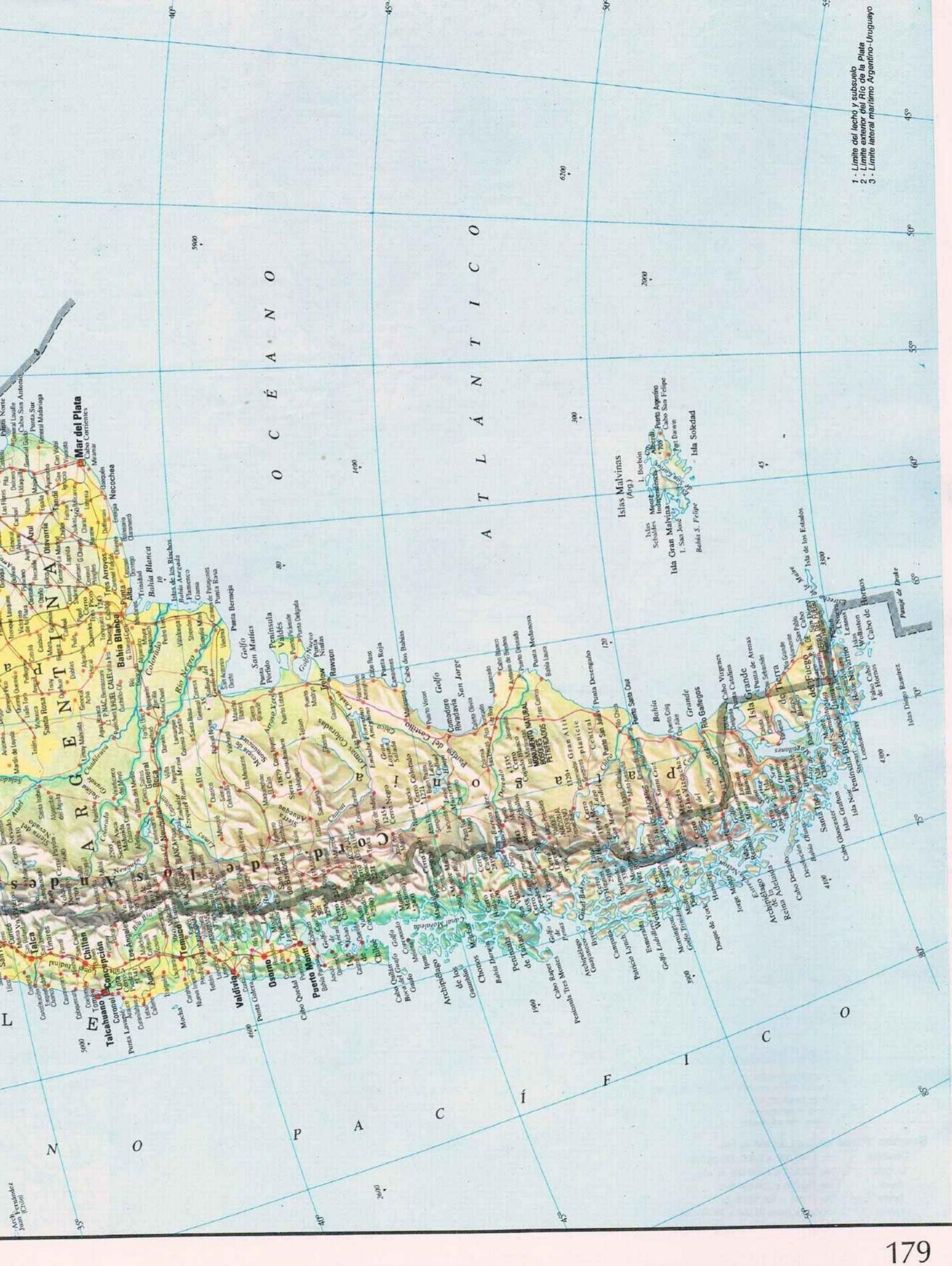




176 AMÉRICA DEL SUR, REGIÓN CENTRAL







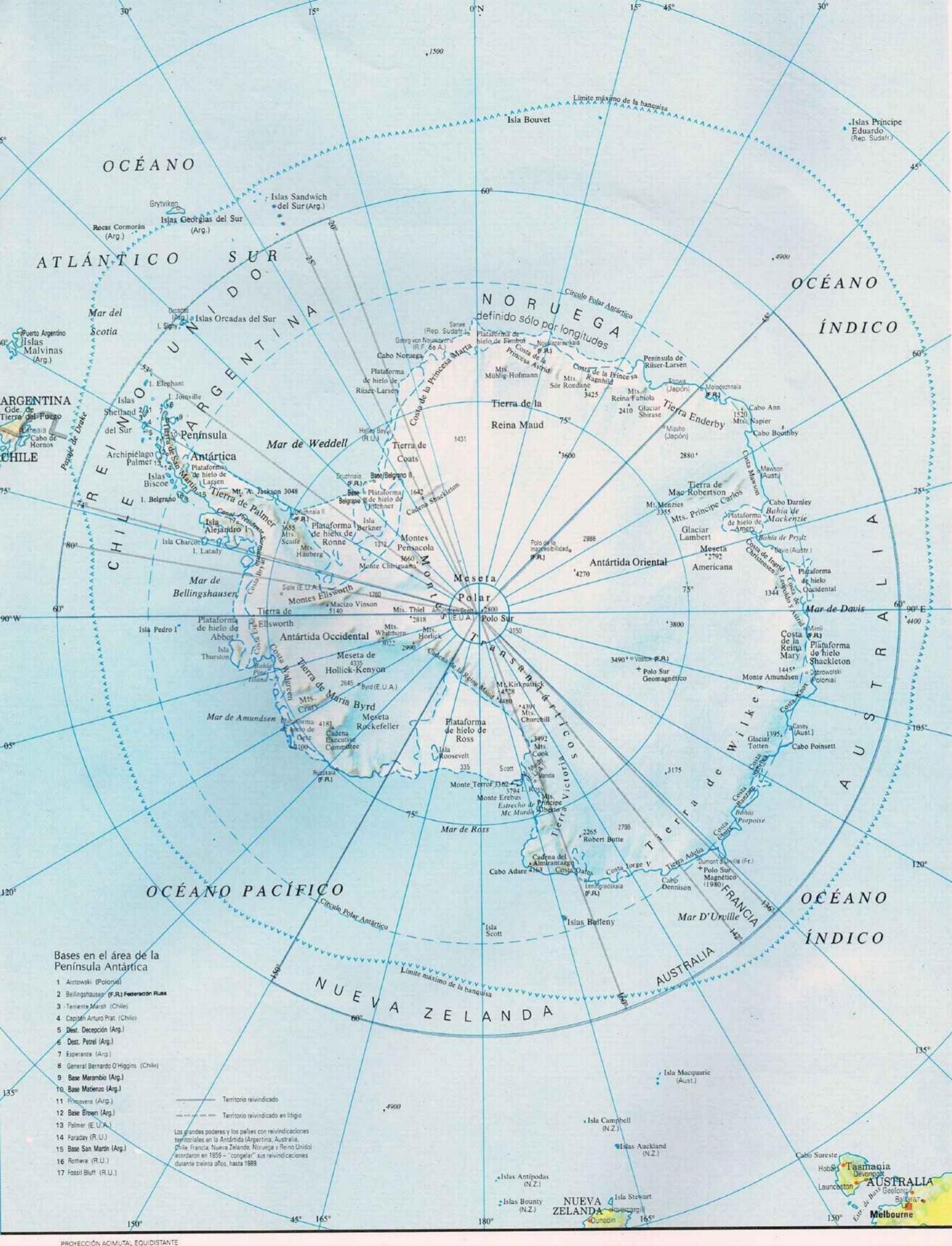






182 ÁRTICO

Escala 1:30.000.000 0 500 1000 km



PROYECCIÓN ACIMUTAL EQUIDISTANTE

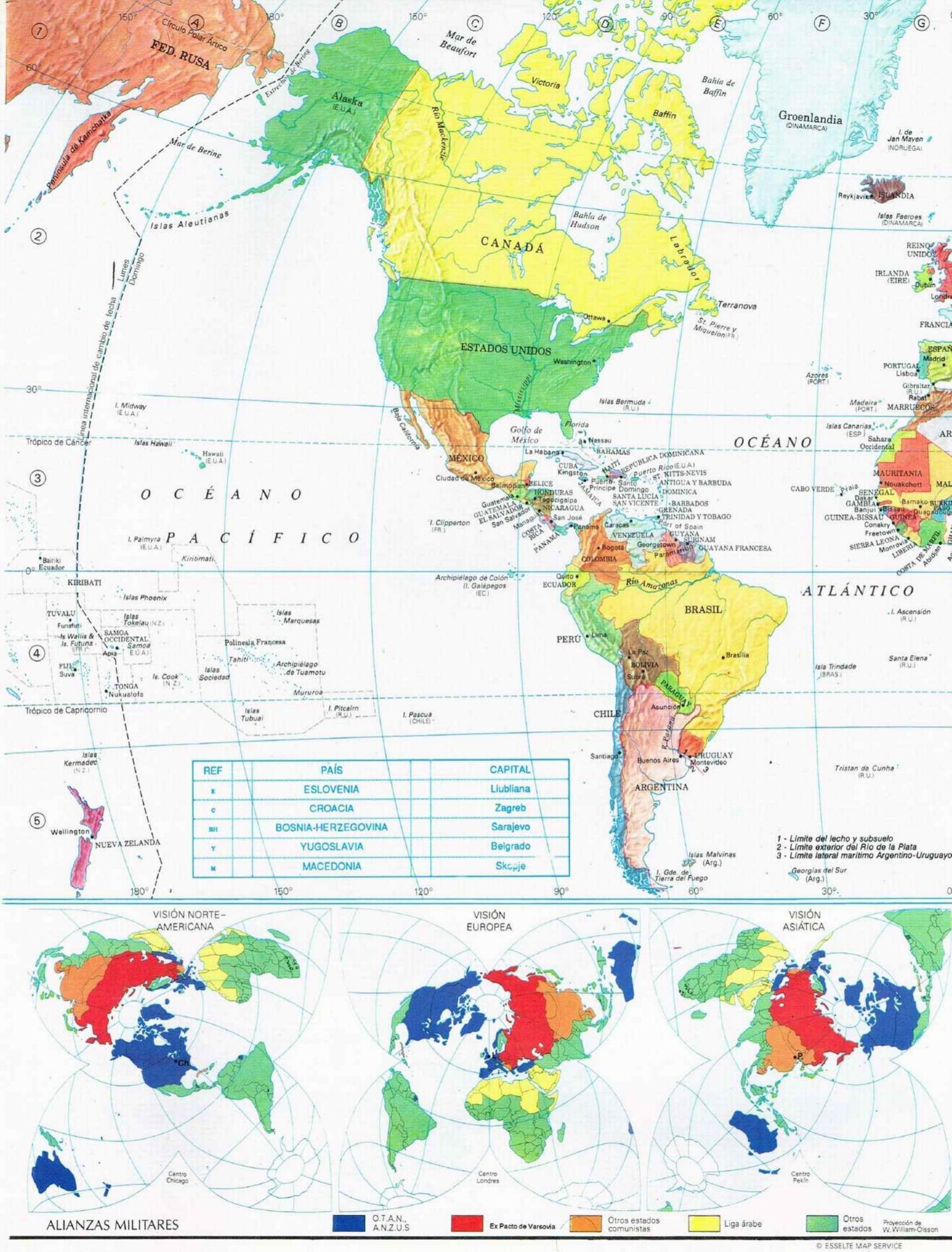
1000 km

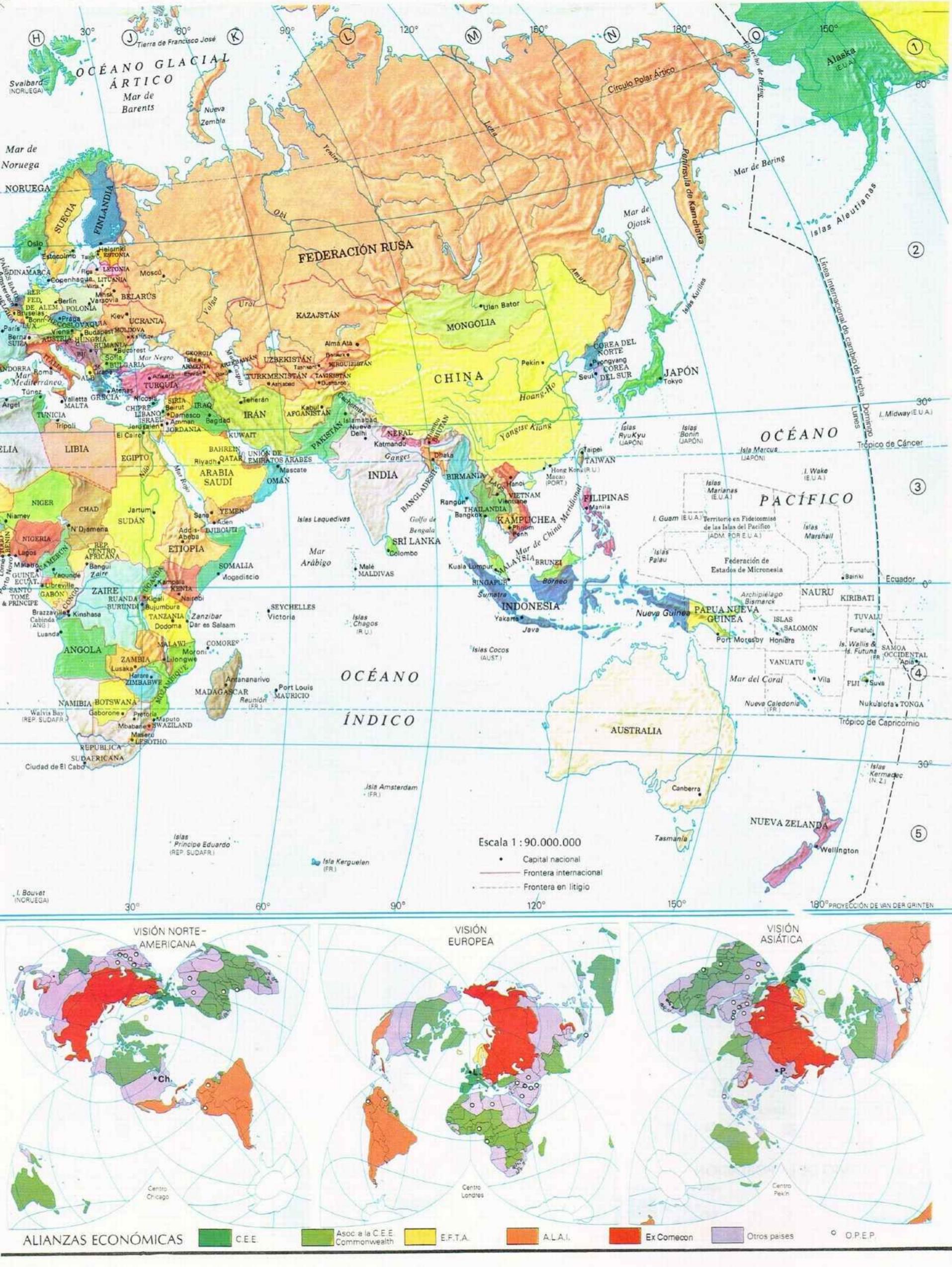


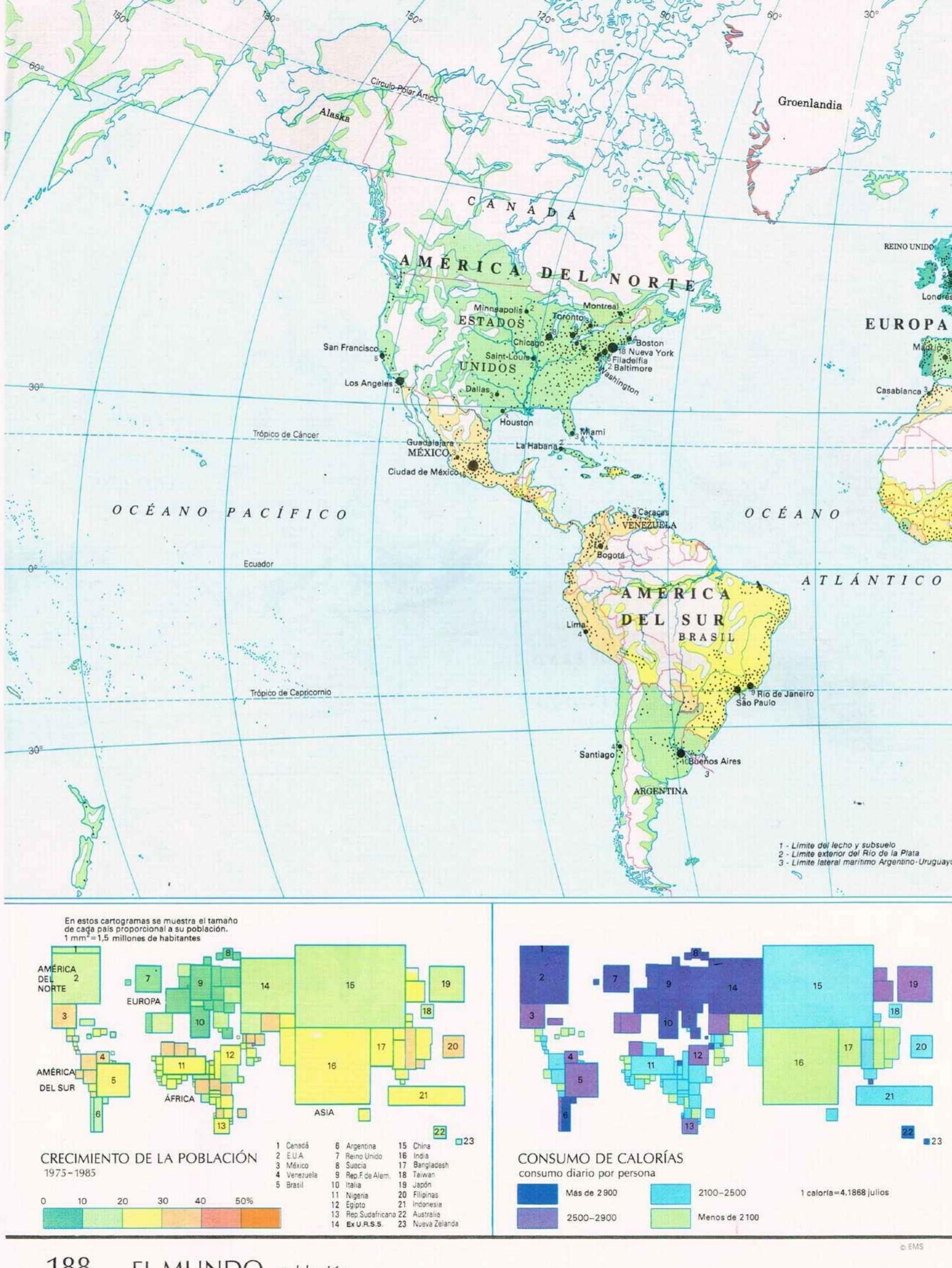


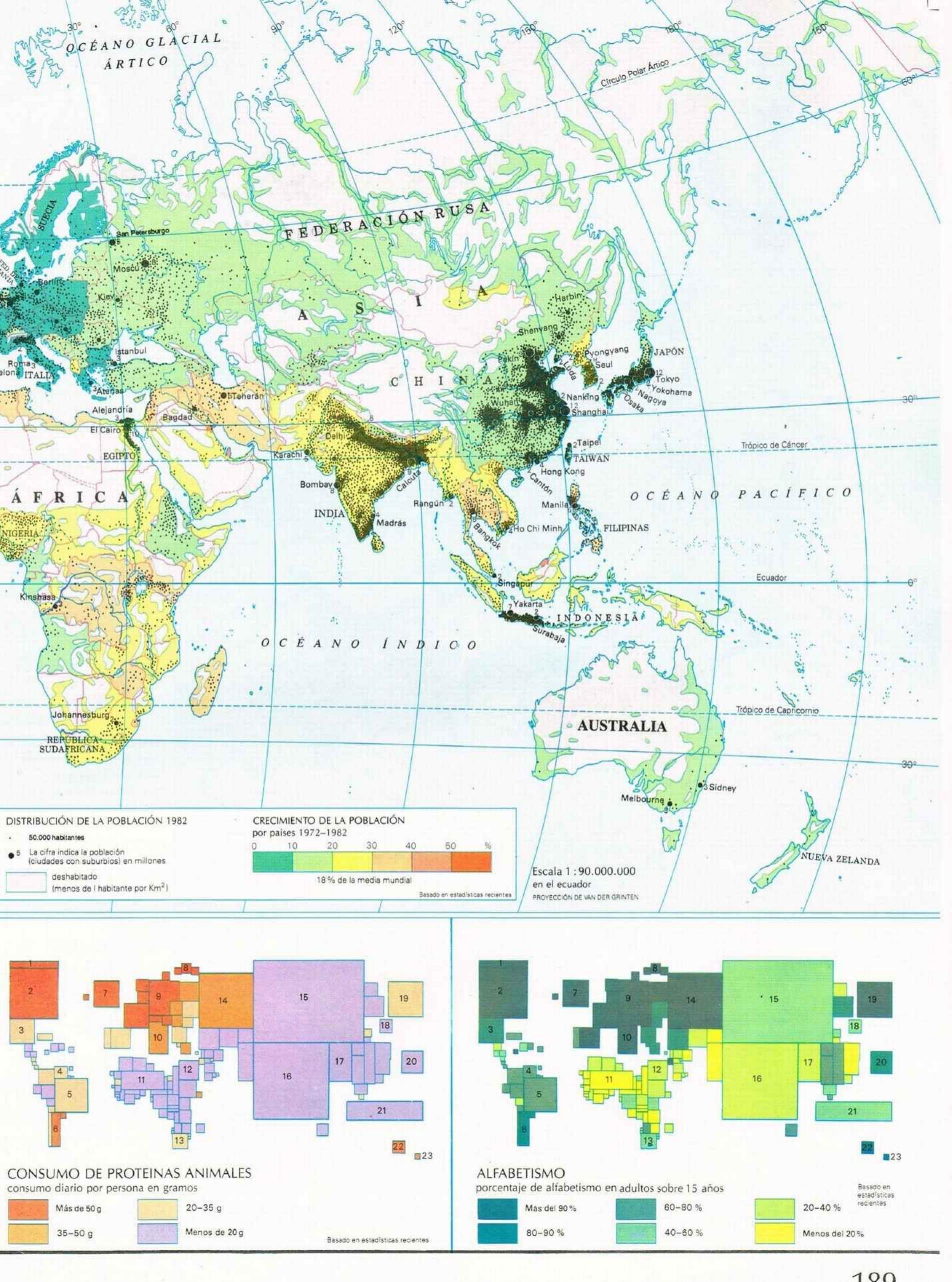
Escala 1 : 90.000.000 en el ecuador

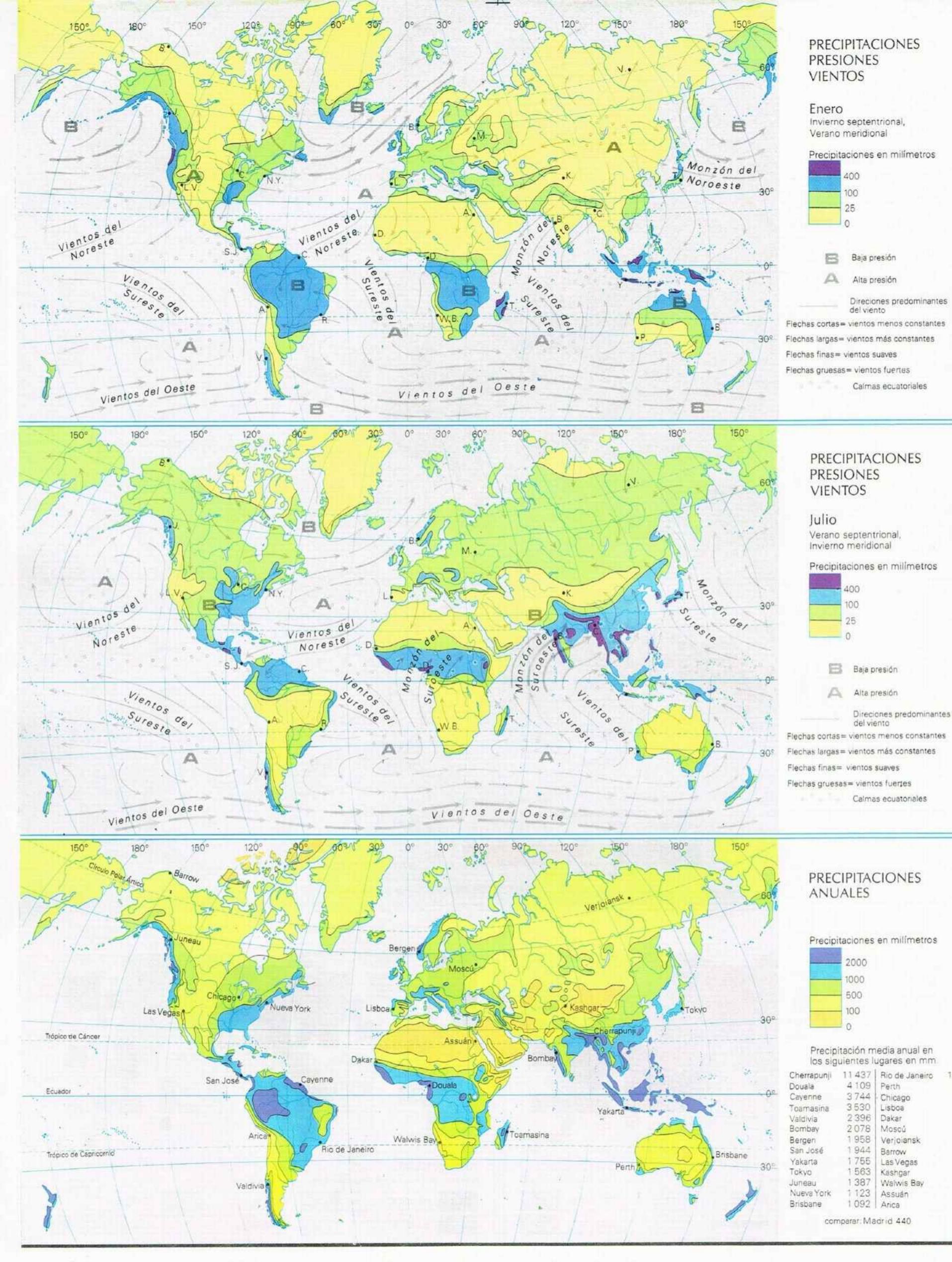
30° 200 600 1000 km

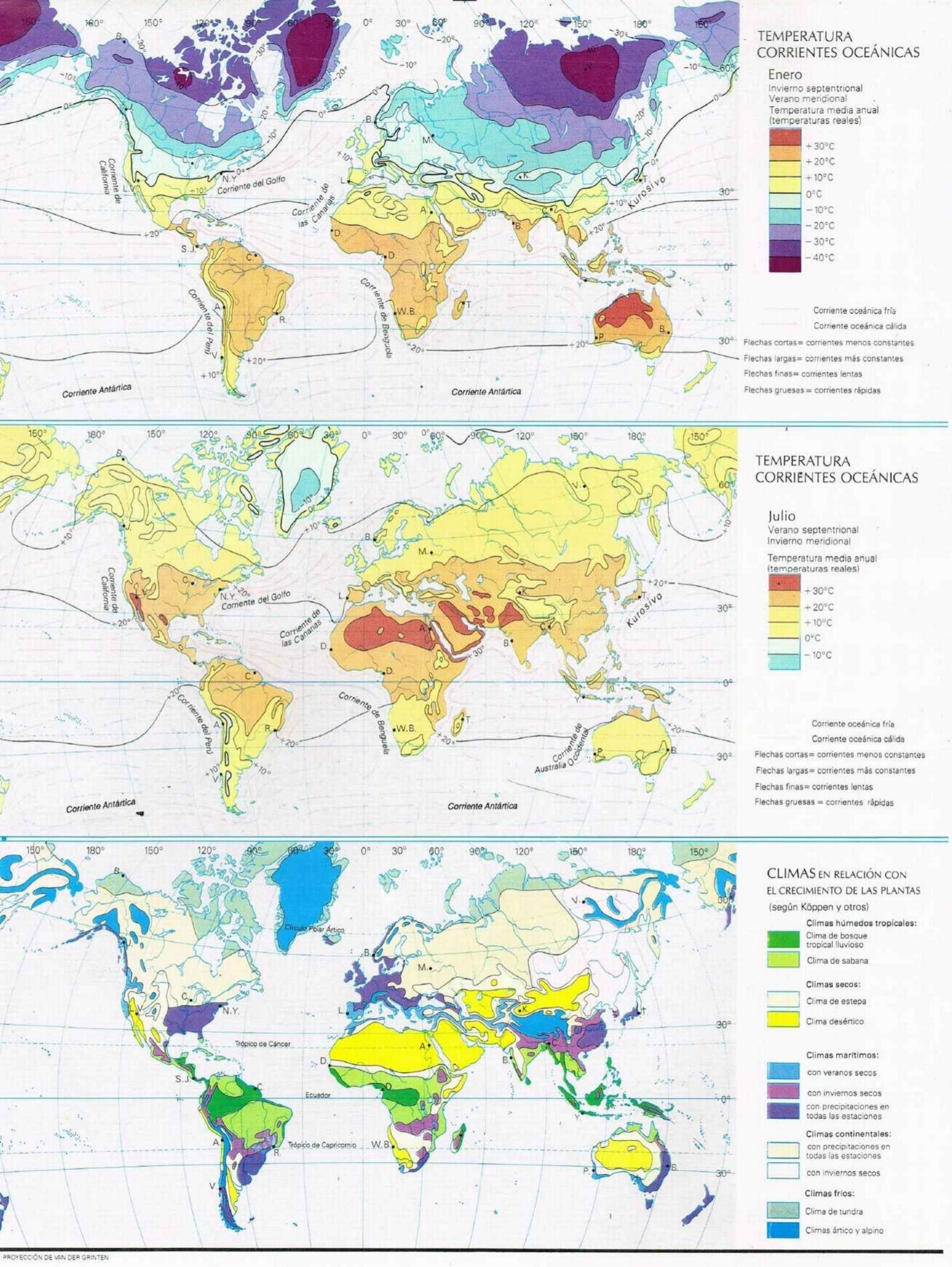


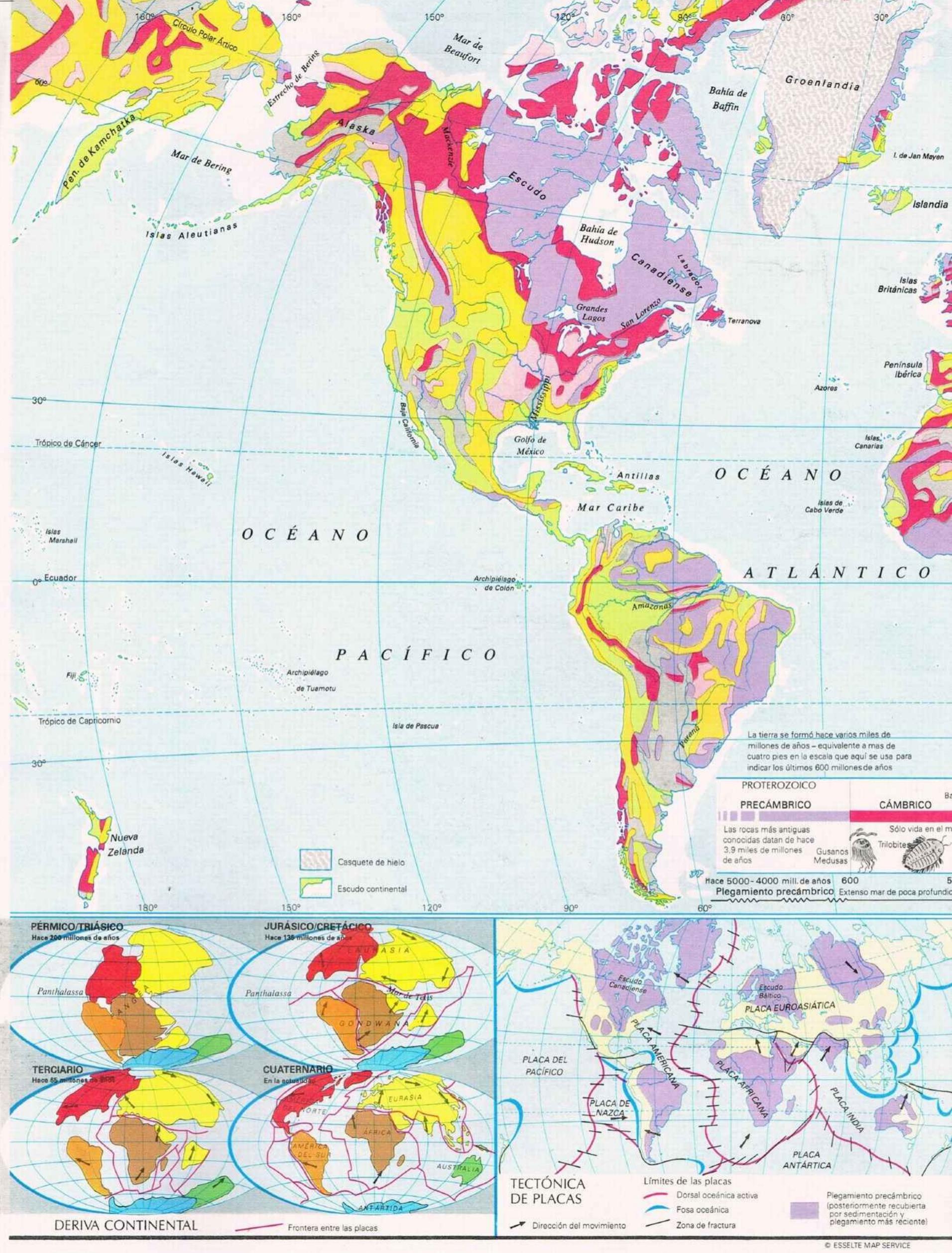


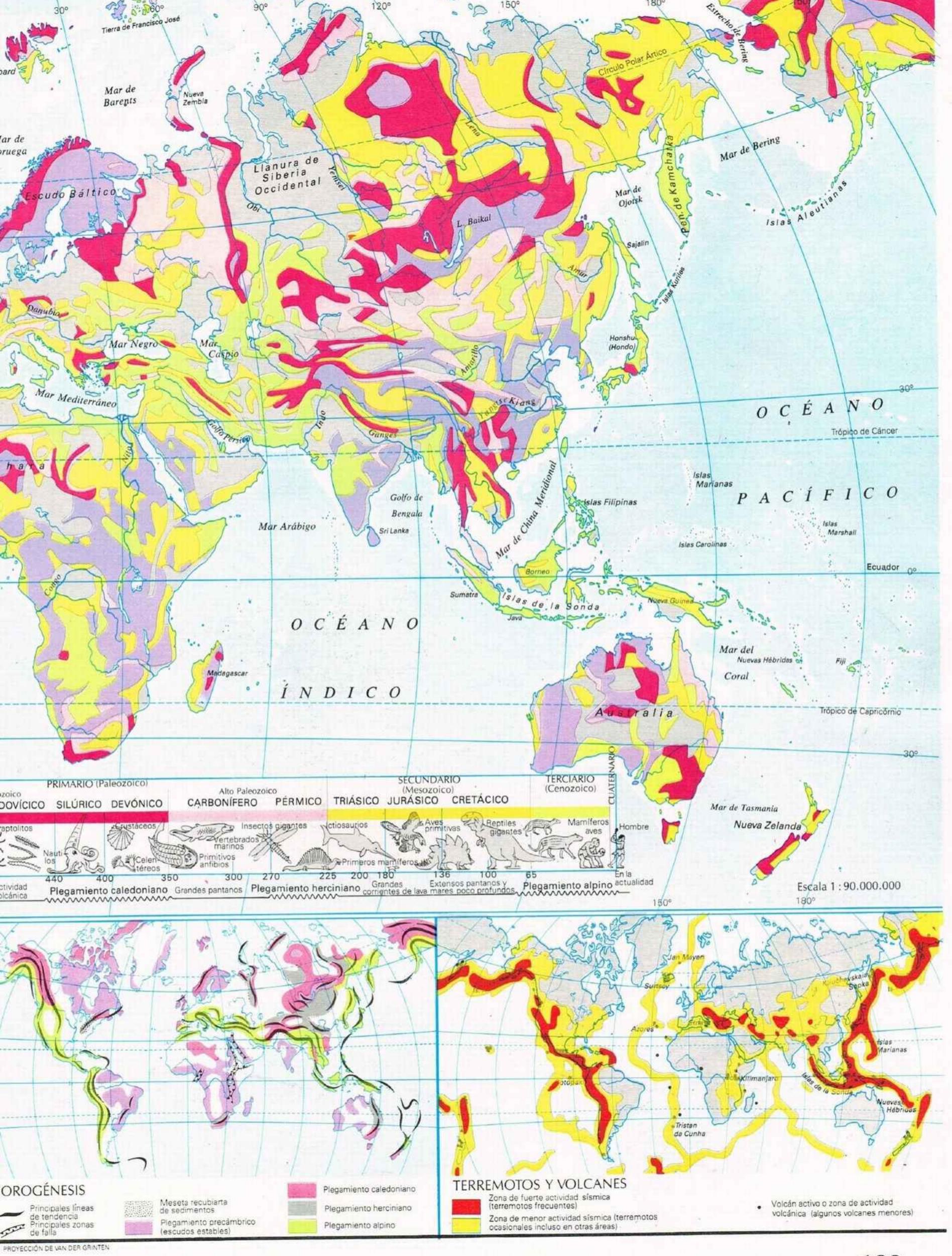










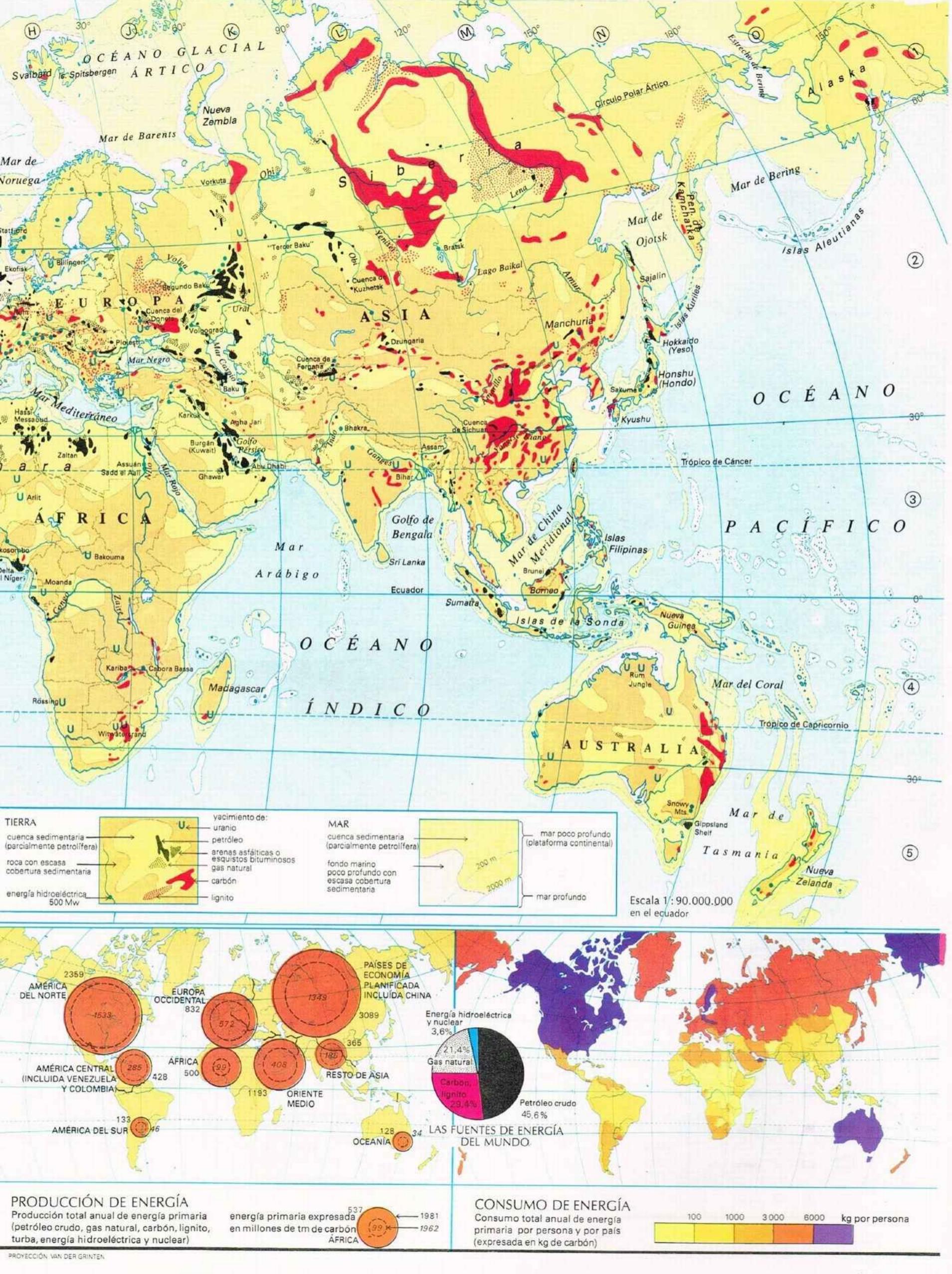




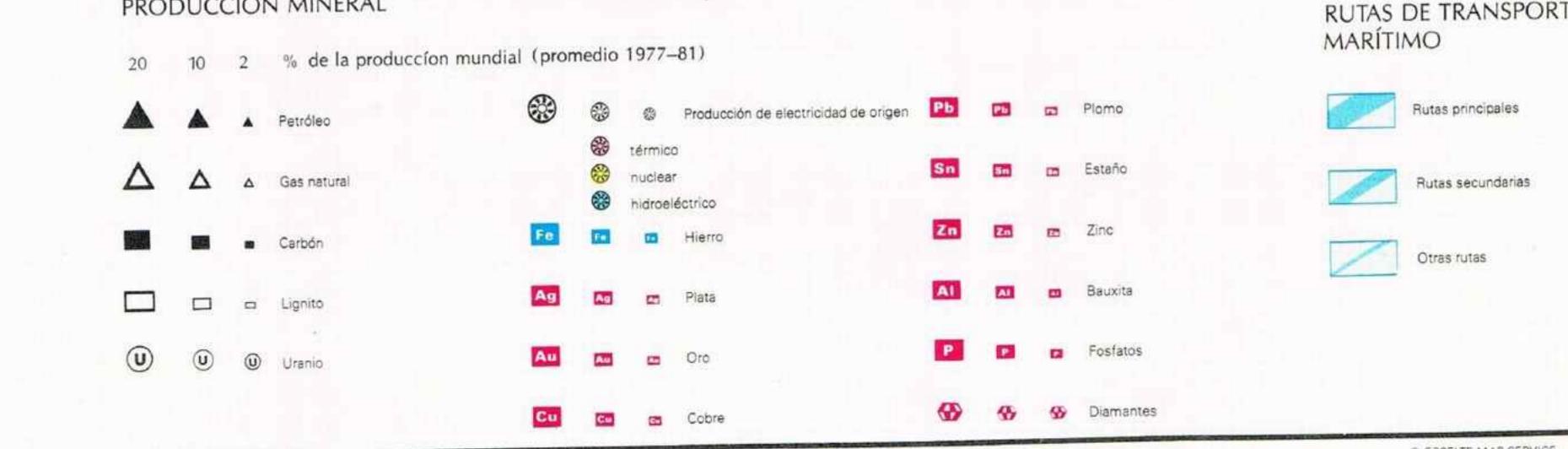
194 OCÉANOS Y FONDOS MARINOS

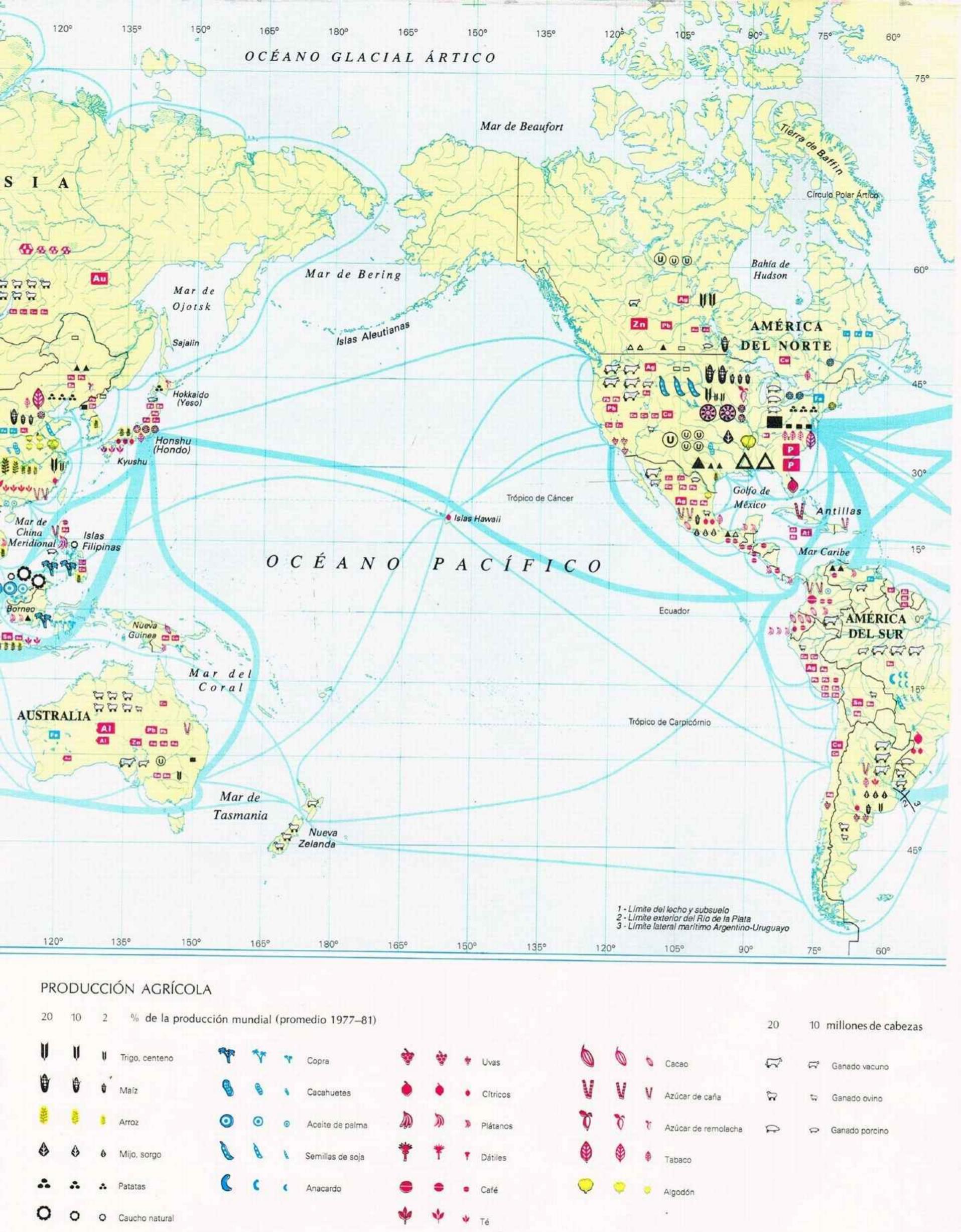






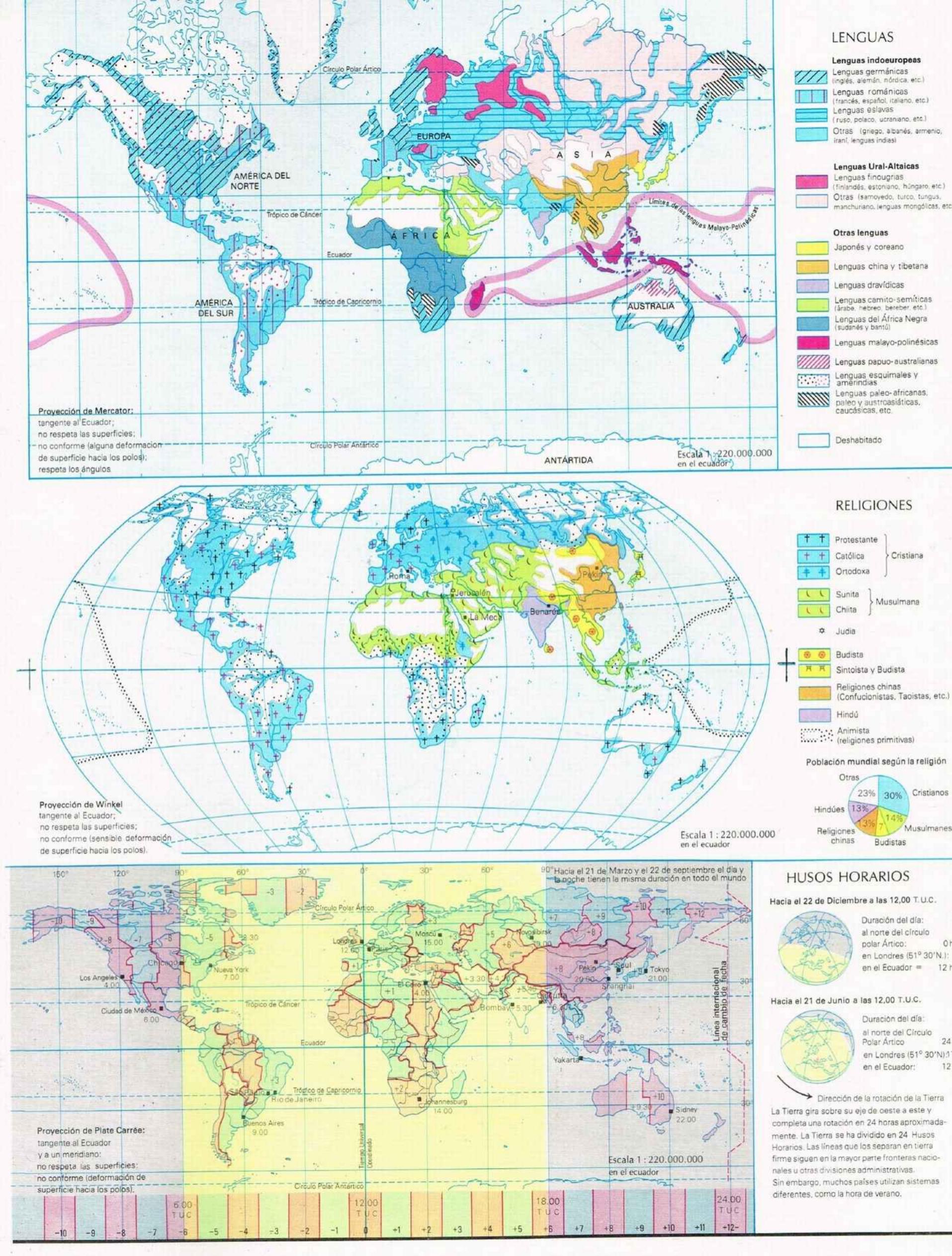






PROYECCIÓN DE MERCATOR

Basado en las estadísticas de la ONU



# **GLOSARIO**

EL GLOSARIO, páginas 201-203, ofrece, en orden alfabético, una selección de términos geográficos en los diversos idiomas que figuran en los mapas, junto con su equivalencia en castellano. Para los idiomas que utilizan alfabetos no latinos, se han empleado las transcripciones oficiales en los mapas, glosario e índice.

Las palabras del glosario son generalmente individuales, pero algunos prefijos y sufijos están también traducidos al castellano. En algunos casos el nombre en el mapa está abreviado, por ejemplo vrh. para el checoslovaco vrchovina (altiplanicie, región montañosa). En el glosario se dan ambos, el nombre completo y la abreviatura.

#### CLAVE DE ABREVIATURAS POR IDIOMAS

afrikaans (Rep. Sudafriafr. cana) alemán al. albanés alb. amerindios am. amhárico (Etiopía) amn. anamita (Vietnam) an. árabe ár. bengali beng. beréber ber. birmano birm. búlgaro búlg. cingalés cing. coreano cor. checoche. chin. chino danés dan. eslovaco esl.

fin. fr. gaél. gal. gr. heb. hin. hol. húng. indon. ing. irl. isl. it. jap. kh.

finés flamenco (Bélgica) francés gaélico (Escocia) galés griego hebreo hindí holandés húngaro indonesio inglés irlandés islandés italiano japonés khmer (Camboya)

laos. mal. mong. nor. pash. per. pol. port. rum. rus. serv.-cro. suec. tam. th. tib. tur. Ur.

laosiano malayo mongol noruego pashtú (Afganistán) persa polaco portugués rumano ruso servo-croata sueco tamil (Srī Lanka) thaí (Thailandia) tibetano turco urdu (Pakistán)

# GLOSARIO

#### A

-à Danés, Noruego,
Sueco
açude Portugués
adrar Beréber
ákra, akrotirion
Griego
Alb, Alp Alemán
alpes Francés
alpi Italiano
-älv, -älven Sueco
ao Thaí
arquipélago Portu-

gués -ås, -åsen Sueco atol Portugués ain Árabe

В

bab Árabe bælt Danés bahr, bahr Árabe baia Portugués baie Francés ballon Francés balta Rumano -bandao Chino barrage Francés, Inglés baraji Turco batang Indonesio

río embalse serranía, país montañoso

cabo, promontorio montaña, pico montes montes río bahía archipiélago

colina atolón fuente, manantial

puerta, paso estrecho río, mar bahía bahía monte pantano, marisma peninsula

embalse, presa embalse, presa batu Malayo
bay Inglés
Becken Alemán
ben Gaélico
Berg Alemán
berg Afrikaans, Holandés
-berg Sueco

Berge Alemán
-bergen Sueco
-berget Sueco
-berget Sueco
bir Árabe
birkat Árabe
boğazi Turco
bogd Mongol
bolshoy Ruso
bong Coreano
-breen Noruego
Bucht Alemán
bugt Danés
buhayrat Árabe
buhayrat Árabe
bukit Indonesio, Ma-

layo -bukten Sueco burnu, burun Turco

C

c., cabo Portugués c., cap Francés monte bahía cuenca montaña, pico, monte montaña, monte

montaña, monte, roca montaña, roca montes montes monte, colina pozo estanque, lago estrecho, canal sierra grande montaña, pico glaciar, nevero bahía, ensenada, golfo golfo, bahía lago, laguna, albufera lago, albufera

montaña golfo, bahía cabo, punta

gués cabo, punta s cabo, punta c., cape Inglés cachoeira Portugués canal Francés, Portugués

canale Italiano
cao nguyen Anamita
capo Italiano
causse Francés
co Chino
col Francés
colli Italiano
collines Francés
con Anamita
corno Italiano
côte Francés
crêt Francés

CH chain Inglés

channel Inglés chapada Portugués chott Arabe

chuor phnum Khmer

D

dağ, daği Turco dağh Persa cabo salto, cataratas, rápidos

canal
canal
meseta
cabo
alturas, altiplanicie
lago
puerto de montaña, paso
colinas
colinas
islas
pico, cima
costa, cresta, cuesta
cresta, pico

cordillera, cadena, montañosa, cadena de islas canal marítimo, estrecho altiplanicie, páramo lago salado, pantano salado

montañas

montaña, sierra montaña, sierra

dağlar, dağlan Turco dahr Arabe -dal, -dalen Noruego. Sueco danau Indonesio -dao Chino, Anamita daryächeh Persa dasht Persa deniz, denizi Turco détroit Francés dhar Arabe -dian Chino dijk Holandés djebel Arabe -djupet Sueco -do Coreano doi Thaí dolina Ruso

valle lago isla lago, mar desierto mar estrecho escarpa lago dique montaña, sierra fosa submarina, depresión isla montaña

sierra, cordillera

colina

Valle

monte

## Ε

-egga Noruego -elv, -elva Noruego erg Arabe espigão Portugués étang Francés ey Islandés

dolok Indonesio

montaña rio desierto de dunas altura escarpada estanque, laguna isla

falaise Francés farsh Arabe -fell Islandés -feng Chino firth Gaélico -fjäll Sueco -fjällen Sueco -fjället Sueco -fjell, -fjellet Noruego -fjöll Islandés -fjord Noruego fjorden Noruego, Sueco -fjördur Islandés -flói Islandés foci Italiano -fonni Noruego fontaine Francés

risco, precipicio, acantilado meseta roca, monte monte, cima estuario, río, fiordo colina, montaña montaña -s montaña montaña, meseta montaña bahía, fiordo, ría

fiordo, lago fiordo, bahía golfo, bahía boca, desembocadura glaciar fuente, pozo cascada, rápido

montes, cordillera, sierra

puerto de montaña, desfi-

monte, colina

monte, colina

monte

ladero

bahía

pico

bahía

río

lago

golfo

golfo

monte

gruta

montañas

montañas

montaña

montaña

bahía, golfo

montañas, colinas

montañas, colinas

glaciar

cordillera

g., gora Ruso g., gunung Malayo g., gunung Indonesio gebergte Holandés Gebirge Alemán greçidi Turco

-foss Islandés

ghubbat Arabe Gipfel Alemán gii Albanés glacier Inglés gol Mongol göl, gölü Turco golfe Francés golfo Italiano gora Servo-Croata góra Polaco gorje Servo-Croata gory Ruso góry Polaco grotte Francés gryada Ruso guba Ruso guelb Arabe -gunto Japonés

### н

Haff Alemán -hai Chino -haixia Chino -halvøya Noruego -hama Japonés hamada Arabe hammādat Arabe hāmūn Persa harrat Arabe -hav Sueco havre Francés hawr Arabe -he Chino head Inglés Heide Alemán hill Inglés hka Birmano -holm Danés -horn Alemán hory Checo, Eslovaco -hu Chino

archipiélago bahía, laguna mar estrecho península playa desierto de piedra meseta lago salado desierto de lava mar puerto de mar lago rio cabo, extremo, punta landa colina río isla pico

ice shelf Inglés idhan Arabe ile Francés iles Francés ilha Portugués ilhas Portugués Insel Alemán Inseln Alemán Insulá Rumano

banco de hielo desierto de dunas isla islas isla islas isla islas

montañas

lago

isla

jabal Arabe jarv Estonio -jārvi Finés -jaur Lapón -javre Lapón azair Arabe jazirat Arabe jazireh Persa iebel Arabe

'irq Arabe

Isle Inglés

isles Inglés

isola Italiano

isole Italiano

isthmus Inglés

island Inglés

iezero Servo-Croata, Albanés jeziori Polaco -jiang Chino iibal Arabe -jima Japonés -joki Finés -jøkulen Noruego

-jökull Islandés

kabīr Persa -kaikyō Japonés -kaise Lapón kains Lituano Kamm Alemán kanaal Holandés kanal Ruso, Servo-Croata, Sueco, Alemán

kanava Finés Kap Alemán -kapp Noruego kas Khmer kavīr Persa kep albanés k., kep., kepulauan Indonesio khalij Arabe khashm Arabe

khr., Khrebet Ruso ko Thaí -ko Japonés koh Pashtú kólpos Griego körfezi Turco Kórgustik Estonio kosa Ruso kotlina Polaco -kou Chino krueng Indonesio kryazh Ruso kuala Malayo kuh Persa kūhha Persa -kulle Sueco kyun Birmano

I., lac Francés la Tibetano lac Francés lacs Francés lacul Búlgaro lago Italiano, Portugués I., lagoa Portugués lagos Portugués I., laut Indonesio les Checo liman Ruso limni Griego -ling Chino loch Gaélico lough Gaélico

## М

m., munții Rumano mae Thai -mak Turco -man Coreano marais Francés mare Italiano massif Francés Meer Alemán meer Afrikaans, Holandés mer Francés mierzeja Polaco -misaki Japonés mont Francés montagna Italiano montagne Francés montagnes Francés monte Italiano, Portuqués montes Portugués monti Italiano monts Francés

moor Inglés

montaña, montañas río río bahía pantano, marisma mar macizo mar, lago

mar, lago mar lengua de tierra cabo monte montaña montaña montañas

montes montes montes páramo

montaña, sierra lago lago lago lago islas isla isla montaña, sierra, cordillera

dunas

isla

isla

islas

isla

islas

istmo

lago lago rio montaña, sierra, cordillera isla río glaciar glaciar

montañas estrecho montaña montaña cordillera canal

canal canal cabo cabo isla desierto salado cabo, punta

archipiélago golfo, bahía promontorio, desembocadura cadena montañosa isla lago, laguna cordillera golfo, bahía golfo, bahía montaña lengua de tierra cuenca bahía, puerto de montaña río montañas bahía, estuario montaña, cordillera montaña, cordillera colina

lago paso, puerto de montaña lagos lago

lago lago, laguna lagos mar montañas, bosque laguna, bahía lago pico, montaña lago, ensenada bahía, lago

isla

cabo, promontorio Parque Nacional cabo

mar

isla

colina

monte -s

montaña -s

cabo, punta

depresión

montes

arena

altiplanicie

desierto salado

cabo

península, punta promontorio, cabo montaña islas llanura, depresión pico cordillera lago

desierto, dunas, suelo de

### 0

more Ruso

morro Portugués

motu Polinesio

mt., mts. Inglés

tains Inglés

muntii Rumano

mui Anamita

mys ruso

nafud Arabe

-nās Sueco

uego

landés

ness Gaélico

niso Griego

ngoc Anamita

nuruu Mongol

nuur Mongol

neem Estonio

nagor'ye Ruso

namakzar Persa

nasjonalpark Nor-

-nes Noruego, Is-

nizmennosť Ruso

nunatakk Esquimal

N

mountain, moun-

munkhafad Arabe

-o Danés, Noruego, Sueco o., ostrov Ruso -öarna Sueco -on Sueco óri Griego óros Griego ostrov Ruso ostrova Ruso ostrovul Rumano otok Servo-Croata -sy, -sya Noruego oz., ozero Ruso ozera Ruso

montaña isla islas isla isla isla lago lagos

isla

isla

islas

isla

montañas

pahorkatina Checo palla Italiano pantanal Portugués parc national Francés parque national Por-

tugués pas Francés Pass Alemán passe Francés passo Italiano pasul Rumano peak Inglés peg., pegunungan Indonesio

pélagos Griego -pendi Chino peninsula Inglés pereval Ruso pertuis Francés peski Ruso phnum Khmer pic Francés pico Portugués picos Portugués piggen Noruego pik Ruso plaine Francés planalto Portugués planina Servo-Croata plato Ruso, Búlgaro ploskogorje Ruso point Inglés pointe Francés poluostrov Ruso ponta Portugués porog Ruso prohod Búlgaro proliv Ruso promontorio Italiano puig Catalán pulau Indonesio, Malayo punta Italiano puncak Indonesio

puo Lao Thai puy Francés Q

ganat Arabe -quando Chino qurnat Arabe

rags Lituano ramiat Arabe range Inglés rās, rás Arabe rās Persa ravnina Ruso récif Francés récifs Francés reef Inglés

colinas, meseta pico pantano

parque nacional

parque nacional estrecho paso, puerto de montaña canal, estrecho paso, puerto de montaña paso, garganta cumbre, pico

montes mar cuenca península paso estrecho desierto montaña pico pico picos montaña pico llanura meseta cordillera, montes mesetas mesetas punta punta, cabo península punta, cabo rápido paso estrecho, canal promontorio pico, cumbre

isla punta, pico pico montaña pico

canal islas montaña

cabo arena, dunas cardillera cabo, punta cabo, punta llanura arrecife arrecifes arrecife

r., reprêsa Portugués reservoir Inglés -retto Japonés rio Portugués riviera Italiano rivière Francés rock Inglés rt Servo-Croata Ruck Alemán

presa, embalse embalse, pantano archipiélago río costa, ribera río, ribera roca, peñón cabo, punta monte

#### S

sa., serra Portugués
saar Estonio
sabkhat Árabe
sadd Árabe
saguia Árabe
sahrā' Árabe
-sanmyaky Japonés
-san Japonés, Coreano
-sanchi Japonés
-sanmaek Coreano
sarir Árabe

-san Japonés, Core
ano
-sanchi Japonés
-sanmaek Coreano
sarir Árabe
Sattel Alemán
saurums Lituano
sebkha Árabe
sebkra Árabe
See Alemán
Seen Alemán
selat Indonesio
serra Portugués
shamo Chino
-shan Chino
-shankou Chino
sharm Árabe

sierra
isla
lago salado
presa, dique
uadi, valle
desierto
cordillera, sierra

montaña, colina montañas cadena montañosa desierto paso estrecho lago salado pantano lago, mar lagos, mares estrecho sierra desierto monte paso bahía

-shima Japonés -shoto Japonés -shuiku Chino silsilesi Turco -sjō Noruego -sjōn Sueco sopka Ruso

Spitze Alemán step' Ruso śtit Eslovaco strait Inglés stretto Italiano -suido Japonés -sund Sueco s., sungai Indonesio -sālkā Finés cadena montañosa, sierra
lago
lago, bahía
volcán (en Kamchatka), colina
punta, cima, cumbre
estepa
pico
estrecho, canal marítimo
estrecho
estrecho, canal
estrecho, canal
río
cordillera

isla

islas

embalse

tg., tanjung Indonesio cabo -tangar-, tangi Islandés tassili Beréber taung Birmano teluk Indonesio ténéré Beréber tepe, tepesi Turco thiu khao Thai -tind, -tindane Noruego -to Japonés tónlé Khmer -top Holandés -träsk Sueco -tunturi Finés

punta altiplanicie montaña, cordillera bahía, golfo llanura arenosa pico, cumbre, colina montañas

cumbre, pico isla, este, oriental lago, río pico, cima pantano, lago montaña U-V

uul Mongol

-vaara Finés

val Francés, Italiano
vale Inglés
valle Italiano
vallée Francés
-vatn Noruego, Islandés
-vesi Finés
-vidda Noruego
-viken Sueco
v., Virful Rumano
vodokhranilisjtje

Ruso vosvysjennost Ruso vrh., vrchovina Checo, Eslovaco

-văin Estonio -vôtn Islandés

W-Z

wadi Árabe
wahat Árabe
Wald Alemán
-wan Japonés, Chino
-xia Chino
-yama Japonés
y., yarimadasi Turco
yoma Birmano
-zaki Japonés
zalew Polaco
zatoka Polaco
zee Holandés

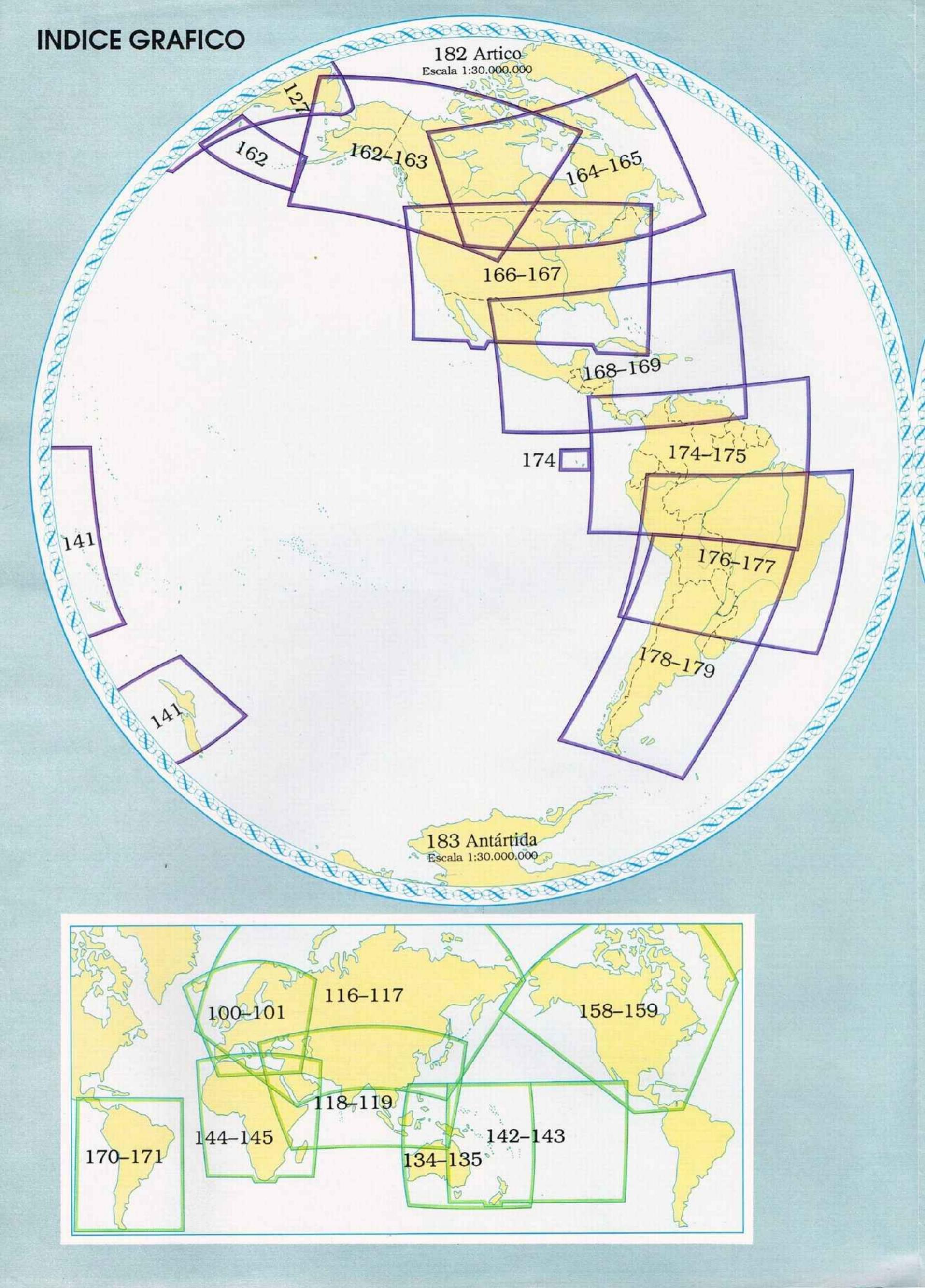
montaña -s montaña, colina valle valle valle valle

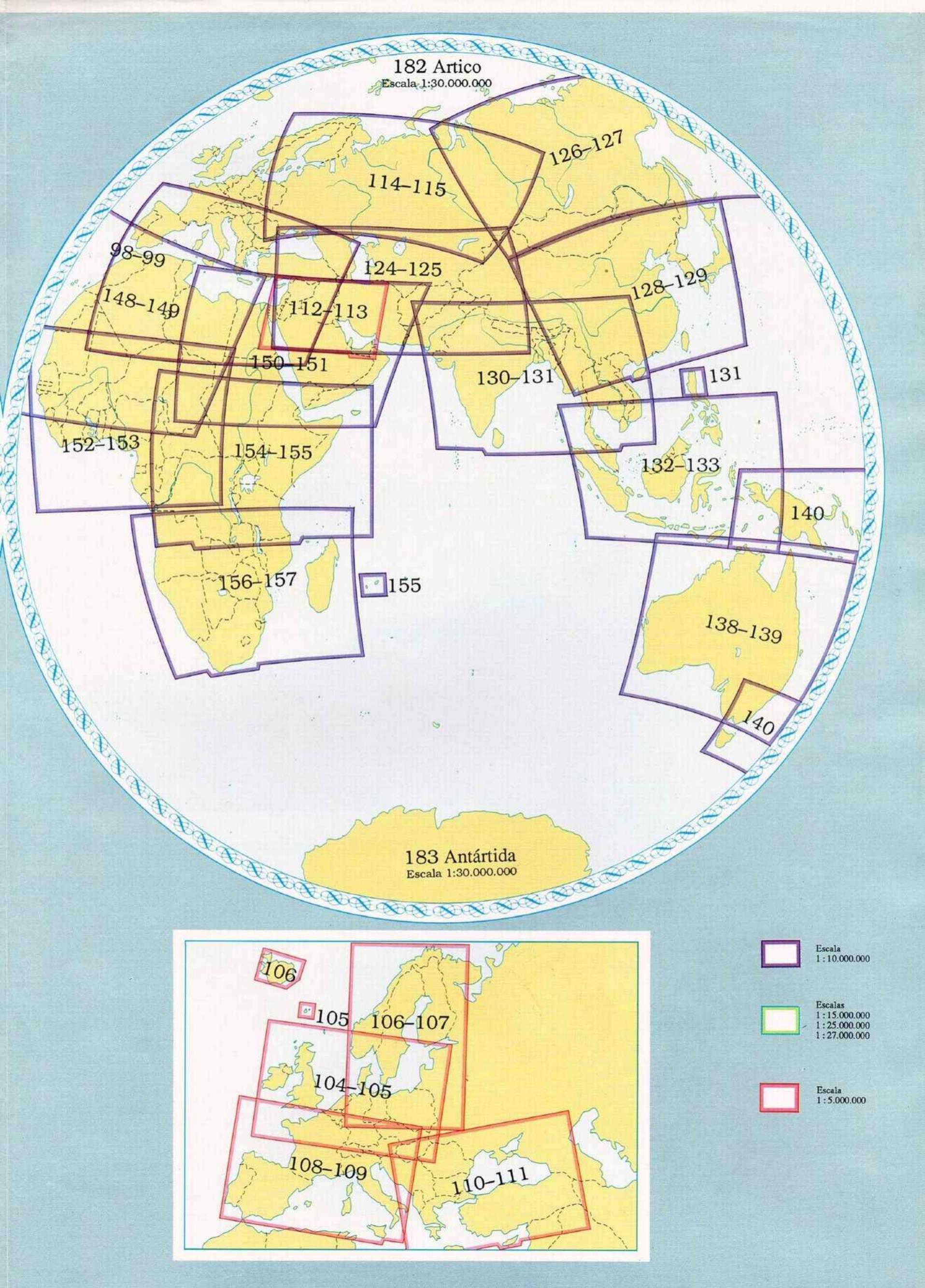
lago lago meseta golfo pico, montaña

embalse altiplanicie

altiplanicie, región montañosa estrecho lago

uadi, valle
oasis
bosque, selva
bahía, golfo
estrecho, garganta
montaña, volcán
península
montaña, cordillera
cabo
bahía
golfo
mar





## SIGNOS CONVENCIONALES

## Mapas nacionales y regionales

Escalas 1:5.000.000, 1:10.000.000

Bomb	ay Más de 5.000.000 de habitantes
Milán 🌪 Milán	De 1.000.000 a 5.000.000 de habitantes
Zürich	De 250.000 a 1.000.000 de habitantes
<ul><li>Dijon</li></ul>	De 100.000 a 250.000 habitantes
• Dover	De 25.000 a 100.000 habitantes
<ul> <li>Torquey</li> </ul>	Menos de 25.000 habitantes
<sup>®</sup> Tachiumet	Localidades menores
VIENA	Capital de Nación
Atlanta	Capital de Estado o de República Federada
	Carreteras importantes o autopista
	Otras carreteras
<del></del>	Carreteras en construcción
	Ferrocarril
	Ferrocarril en construcción
	Tren-ferry
POLICE	Límite de Nación
MMMI	Límite de Nación en litigio
	Límite de Estado o Región
******	Límite de Estado o Región en litigio
	Límite de Nación en el mar
4807	Altitud sobre el nivel del mar
*3068	Profundidad
$\langle \Box \rangle$	Parque Nacional
→ Ninive	Ruinas
×	Paso, puerto
PRESA KAINJI	Presa
	Wadi, régimen estacional
- ( <u>-1 1661 ) - 3</u>	Canal
1	Cataratas
~~~~	Arrecifes

## Mapas continentales

Escalas 1:15.000.000, 1:25.000.000, 1:27.000.000, 1:30.000.000

Shanghai	Más de 5.000.000 de habitantes
<b>■</b> Barcelona	De 1.000.000 a 5.000.000 de habitantes
Venecia	De 250.000 a 1.000.000 de habitantes
Aberdeen	De 50.000 a 250.000 habitantes
⇒ El Beida	Menos de 25.000 habitantes
» Mawson	Base y estación científica
ELCAIRO	Capital de Nación
	Carreteras importantes o autopista
	Ferrocarril
	Ferrocarril en construcción
receives	Límite de Nación
ARRI	Límite de Nación en litigio
	Límite de Estado o Región
	Límite de Estado o Región en litigio
	Límite de Nación en el mar
* 8848	Altitud sobre el nivel del mar
11034	Profundidad
2645	Espesor del casquete polar
	Presa
∴ Tebas	Ruinas
-	Wadi, régimen estacional
	Canal
	Cataratas
L	Arrecifes

## Medio geográfico

Sabana



# Re-Digitalización final: The Doctor

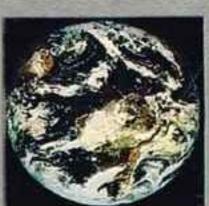


The Doctor

Libros, Revistas, Intereses: http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

El Siglo XX: http://el1900.blogspot.com.ar/











# Atlas Clarín X

EDICIONES Aguilar